



Histoire de la protection contre les crues en Suisse

Des origines jusqu'au 19^e siècle

Daniel L. Vischer

Berichte des BWG, Serie Wasser – Rapports de l'OFEG, Série Eaux – Rapporti dell'UFAEG, Serie Acque
No 5 – Berne, 2003



Bundesamt für Wasser und Geologie **BWG**
Office fédéral des eaux et de la géologie **OFEG**
Ufficio federale delle acque e della geologia **UFAEG**
Uffizi federal per aua e geologia **UFAEG**
Federal Office for Water and Geology **FOWG**

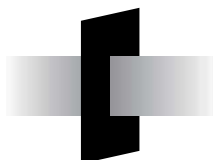
Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr,
Energie und Kommunikation
Département fédéral de l'environnement, des transports,
de l'énergie et de la communication
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti,
dell'energia e delle comunicazioni

Histoire de la protection contre les crues en Suisse

Des origines jusqu'au 19^e siècle

Daniel L. Vischer

Berichte des BWG, Serie Wasser – Rapports de l'OFEG, Série Eaux – Rapporti dell'UFAEG, Serie Acque
No 5 – Berne, 2003



Bundesamt für Wasser und Geologie **BWG**
Office fédéral des eaux et de la géologie **OFEG**
Ufficio federale delle acque e della geologia **UFAEG**
Uffizi federal per aua e geologia **UFAEG**
Federal Office for Water and Geology **FOWG**

Impressum

Editeur	Office fédéral des eaux et de la géologie, OFEG
ISSN	1660-0746
Tirage	1000 d / 400 f
Source à mentionner	Office fédéral des eaux et de la géologie, OFEG. Histoire de la protection contre les crues en Suisse, Rapports de l'OFEG, Série Eaux (Bienne 2003, 208 p.)
Langues de publication	Version originale en allemand
Traduction	Christian Marro, Haute-Nendaz (VS)
Relecture	André Chervet, Praz (FR)
Internet	Cette publication est disponible sous format PDF sur le site Internet de l'OFEG: www.bwg.admin.ch
Diffusion	OFCL, Diffusion publications, CH-3003 Berne Internet: www.bbl.admin.ch/bundespublikationen
No de commande	804.505 f
Copyright	© OFEG, Bienne, octobre 2003

Avant-propos

Le réseau hydrologique suisse a sa propre histoire, et il marque la nôtre de son empreinte. L'eau qui s'écoule dans notre paysage depuis des temps immémoriaux en a modelé le relief. Et les chaînes de montagnes, bombements de roches plus ou moins résistantes à l'érosion, ont défini le cheminement de l'eau. Notre réseau hydrologique reflète aussi l'histoire des hommes. Les nombreux torrents, rivières et lacs ont exercé une influence prépondérante sur leur politique d'établissement. Il y a environ mille ans que l'être humain intervient sur le réseau hydrologique, principalement pour se protéger contre les crues.

Le présent ouvrage traite de cette histoire. Mais cette démarche a-t-elle un sens? «Nous avons besoin de l'histoire pour vivre», écrivait Nietzsche, qui distinguait trois types d'histoire: monumentale, antiquaire et critique.

L'histoire monumentale consiste à mettre en évidence une réalisation ou une personnalité exceptionnelle, pour en faire un exemple éclatant à l'intention de la postérité. L'histoire de la protection contre les crues en Suisse nous propose par exemple la correction de la Linth – réalisée sous la direction de Hans Conrad Escher, un bienfaiteur d'une grande pondération – comme un acte courageux en faveur d'une population en détresse.

L'histoire antiquaire vise à mettre en lumière et à préserver notre passé, notre identité. Les grandes corrections des eaux du Rhône, de la Broye, de l'Aar, du Rhin ou du Tessin ont arraché des terres fertiles aux marécages qui occupaient jadis les vallées basses, fortifiant ainsi les racines agricoles de la Suisse.

L'histoire critique ne veut ni dégager des modèles, ni résoudre la question de nos origines, mais plutôt tirer les leçons des erreurs commises. Elle s'attache à déceler ce qui était juste et ce qui était faux. La correction de la Kander procède d'une idée géniale. Mais elle fut réalisée sans que l'on prit la peine d'évaluer soigneusement les conséquences au préalable. C'est pourquoi Thoune et ses environs sont encore menacés par les crues à l'heure actuelle.

Nous tâchons d'en tirer des enseignements. Tout projet de protection contre les crues (ou autre projet technique) est désormais précédé d'une évaluation exhaustive de ses répercussions. C'est de nous-mêmes qu'il s'agit: les nouveaux projets ne doivent comprendre aucun élément portant atteinte aux milieux vitaux pour l'être humain.

Mais sommes-nous vraiment en mesure de prévoir tous les effets d'un projet? Nous introduisons dans la nature un jeu de forces entre anciennes et nouvelles interventions, sans encore connaître les préférences des générations futures, et constatons souvent avec

surprise que ce que nous prenions pour un détail revêt en réalité une importance cruciale.

Certes, nous disposons de maints procédés pour déceler les points faibles de nos projets. Nous avons l'habitude d'en examiner l'impact sur l'environnement et ne cessons d'affiner les instruments permettant d'évaluer leurs effets. Mais nous ne sommes pas devenus des voyants pour autant.

Il est d'autant plus important de jeter un regard critique sur le passé et de reconstituer puis analyser le sort des projets d'autrefois. Quelle était l'intention des promoteurs de l'époque? Où ont-ils commis une erreur? Quelles furent les forces agissantes?

C'est ainsi que nous affinons notre perception et que la notion de durabilité prend vie: nous devenons tout à coup les générations futures auxquelles nous faisons si souvent référence: si les ancêtres des habitants actuels de Brigue n'avaient pas confiné pareillement la Saltina, nous aurions échappé à l'inondation catastrophique de 1993, qui a causé la mort de deux personnes et occasionné des dommages pour un demi-milliard de francs.

La présente histoire de la protection contre les crues en Suisse comprend des fragments d'histoire monumentale, d'histoire antiquaire et d'histoire critique. Chacune de ces perspectives nous fournit de nouvelles bases, afin de concevoir des projets d'aménagement des cours d'eau plus durables.

Moritz Leuenberger
Conseiller fédéral

Préface

Le pourquoi du présent ouvrage

En 1977, pour l'anniversaire des «100 ans de loi fédérale sur la police des eaux», l'ancien Service fédéral des routes et des digues a publié un document intitulé «Protection contre les crues en Suisse» qui exposait essentiellement l'évolution de l'aménagement des cours d'eau entre 1877 et 1977.

A l'occasion des 125 ans d'existence de la législation fédérale sur l'aménagement des cours d'eau, l'Office fédéral des eaux et de la géologie a demandé à M. le Professeur Daniel L. Vischer, Dr ès sc. et Dr h.c., d'écrire un ouvrage sur la protection contre les crues en Suisse avant 1877, soit de ses origines jusqu'au 19^e siècle. La protection contre les crues était, est et restera une condition essentielle à la prospérité de la société. Le présent ouvrage vise à rappeler les origines de cette branche importante de la gestion des eaux en Suisse.

Contenu et portée

Cet ouvrage donne un aperçu des causes et des conséquences des crues, mais aussi de la façon dont elles étaient perçues naguère. Puis il aborde l'évolution des sciences et des modes de construction importants pour la protection contre les crues. Il met l'accent sur l'aménagement des rivières et des torrents ainsi que sur la régularisation des lacs, toutes tâches dont l'Office fédéral des eaux et de la géologie s'est occupé jusqu'à présent.

Le réseau des cours d'eau a déjà subi de petites interventions de cette nature au temps des Romains, mais nous ne possédons aucun compte rendu à ce sujet. Il en va de même pour le haut Moyen Age. Les premiers et rares documents datent des 11^e et 12^e siècles, aussi laissent-ils généralement une grande marge d'interprétation. La réalisation d'ouvrages et d'aménagements en vue d'assurer la protection contre les crues ne commença réellement qu'au cours des Temps modernes. On peut considérer que la déviation de la Kander, de 1711 à 1714, joua un rôle précurseur et que la correction de la Linth, de 1807 à 1816, servit de modèle pour l'aménagement des rivières comme des torrents. Les corrections du Rhin alpin à partir de 1862, du Rhône à partir de 1863 et des eaux du Jura dès 1868 figurent sans conteste parmi les hauts faits dans ce domaine. L'histoire de la régularisation des lacs, toujours étroitement liée à l'évolution des localités situées à leur extrémité aval, commence avec la construction des premiers grands moulins et installations hydrauliques.

Une description exhaustive et équilibrée remplirait de nombreux volumes. Cet ouvrage ne peut donc comprendre qu'un aperçu de la matière et des exposés d'exemples importants. En tout cas, il donne le nom des personnages qui ont joué un rôle prépondérant. Un chapitre traitant de trois personnalités intéressantes et critiques de cet establishment joue en quelque sorte un rôle de contrepoids. Finalement, cet ouvrage décrit dans les grandes lignes comment l'implication de la Confédération a évolué de l'Ancien Régime jusqu'en 1877.

Méthodologie

L'auteur s'est essentiellement appuyé sur des textes secondaires. Il a ainsi réuni et résumé les informations déjà disponibles dans de nombreux documents. Le temps à sa disposition ne lui a guère permis de compiler les archives. Mais le but de cet ouvrage est également de citer les documents utiles, très dispersés, et de les énumérer dans une liste bibliographique. Il pourra ainsi servir de base à des études plus approfondies.

Le format de cet ouvrage facilite la restitution des reproductions, aussi a-t-il pu être richement illustré. Les figures contribueront à clarifier le texte à l'intention des spécialistes et d'un cercle élargi de lecteurs intéressés. Parfois impressionnantes, elles visent également à illustrer les moyens auxquels les constructeurs d'installations hydrauliques d'antan ont recouru pour résoudre les problèmes qui se posaient à la société de leur époque.

Remerciements

Avec le professeur Vischer, l'Office fédéral des eaux et de la géologie a pu compter, pour la réalisation de cet ouvrage, tout à la fois sur un grand connaisseur de l'histoire de l'aménagement des cours d'eau et sur un expert de niveau international. Qu'il soit vivement remercié pour avoir mis à disposition aussi généreusement ses connaissances techniques approfondies et sa vaste expérience en la matière.

Nous remercions également toutes les institutions qui ont contribué à cet ouvrage en fournissant des informations et des illustrations. Notre reconnaissance s'adresse enfin à Mme Karin Schram, Dr ès sc., pour son activité de lectrice, et à M. Andreas Götz, pour son suivi du contenu.

Office fédéral des eaux et de la géologie
Le directeur
Christian Furrer

Table des matières

1. Les crues, causes et anciennes interprétations	9
1.1 <i>Les différents types de crues</i>	9
Crues naturelles, des intempéries aux ondes de translation dans les lacs	9
Crues causées par des ouvrages de retenue artificiels	11
Crues et laves torrentielles	12
Le charriage est cause d'inondations	12
1.2 <i>Perception des crues</i>	13
Intervention d'êtres surnaturels	13
Caprices et faiblesses de la nature	15
Interventions humaines	16
Facteurs politiques et sociaux	19
2. Principales évolutions	21
2.1 <i>A qui appartiennent les vallées?</i>	21
La dynamique des rivières naturelles	21
Les stratégies des riverains pour se protéger	23
2.2 <i>Des fléaux redoutés</i>	25
Un siècle de crues	25
La malaria et d'autres épidémies	25
2.3 <i>Un programme national de développement</i>	26
3. Progrès scientifiques	29
3.1 <i>La mensuration</i>	29
Cartographie	29
Mensuration technique	30
3.2 <i>L'hydrologie</i>	32
Mesure des niveaux d'eau	32
Jaugeage	32
Hydrologie des crues	33
3.3 <i>L'hydraulique</i>	33
L'équation de continuité appliquée à l'écoulement	33
L'équation de continuité appliquée à la rétention lacustre	34
L'équation régissant l'écoulement normal	34
L'équation d'écoulement généralisée	35
La formule du charriage	36
Théorie des laves torrentielles	36
3.4 <i>Manuels de construction fluviale</i>	37
4. De l'aménagement des rivières et des torrents	39
4.1 <i>Les méthodes</i>	39
Comment se protéger contre les crues?	39
Corrélation avec la protection contre l'érosion	39
Des digues offensives à la correction	40
Travail manuel contre travail de l'eau en rivière	40
Chenal central et lit majeur, sens des travaux	41
Colmatage	42
Particularités de la correction des torrents	43
4.2 <i>Éléments et matériaux de construction</i>	43
Ouvrages longitudinaux et transversaux	43
Saules, sapins, gravier et blocs	44
4.3 <i>Les moyens</i>	46
Outils et machines	46
Début de la mécanisation à l'époque de la vapeur	47
Technique des explosifs	49
5. Premières interventions ciblées sur les cours d'eau	51
5.1 <i>Protections locales à l'époque des Helvètes et des Romains</i>	51
5.2 <i>La déviation de la Lüttschine, une légende?</i>	51
5.3 <i>Travaux réels et légendaires dans le Renggloch aux 13^e, 16^e et 18^e siècles</i>	52
5.4 <i>Ouvrages longitudinaux du 14^e siècle</i>	53
5.5 <i>Quelques rectifications de rivières sur le Plateau à partir du 15^e siècle</i>	53
Deux coupures de méandres de la Reuss sur le Plateau	53
Des coupures de méandres en série sur la Glatt zurichoise?	54
5.6 <i>La déviation de l'Aa d'Engelberg en 1471</i>	54
5.7 <i>L'abaissement du lac de Zoug entre 1591 et 1592</i>	55
5.8 <i>La prétendue déviation du Hüribach en 1665</i>	57
5.9 <i>Du principe des ouvrages de défense transversaux et longitudinaux</i>	57
Les obligations des riverains concernant les ouvrages de défense	57
Le règlement relatif aux ouvrages de défense du district de Trachselwald (1766)	58
La proposition visionnaire d'un inconnu et un concours	58

6	La déviation de la Kander de 1711 à 1714, une idée géniale avec une réalisation hasardeuse61	
	6.1 <i>La Kander et son impact sur son cours inférieur</i>61	
	6.2 <i>Le projet</i>62	
	L'idée d'une coupure de la Kander prend forme62	
	Une sorte d'étude d'impact sur l'environnement62	
	Un plan de construction rudimentaire . . .63	
	6.3 <i>Un chantier rondement mené</i>64	
	Changement de procédé et de direction64	
	L'affaire échappe aux intéressés65	
	6.4 <i>Une longue tragédie et son épilogue</i>67	
	Inondations à Thoune et sur les rives du lac67	
	Travaux d'adaptation à Thoune67	
	Trop d'eau pour certains, pas assez pour les autres68	
	Le bouc émissaire68	
7	La correction de la Linth de 1807 à 1816 pose de nouvelles références71	
	7.1 <i>Pourquoi le lit de la Linth est-il monté au 18^e siècle?</i>71	
	Les faits et leurs conséquences71	
	Une petite digression géologique72	
	L'influence de l'être humain72	
	La disparition du lac de Tuggen73	
	7.2 <i>Etudes en vue d'abaisser le lit de la Linth, travaux préparatoires</i>75	
	Des propositions de correction et le projet d'Andreas Lanz de 178475	
	Hans Conrad Escher de Zurich, le promoteur75	
	7.3 <i>L'exécution des travaux</i>77	
	L'expert en aménagements fluviaux Johann Gottfried Tulla de Karlsruhe77	
	Les travaux sur les canaux de Mollis et de la Linth78	
	7.4 <i>L'ouvrage de la Linth et les retouches</i>84	
	La Commission fédérale de la Linth84	
	Les principales retouches85	
	Les ingénieurs de la Linth85	
8	La correction du Rhin alpin de 1862 à 190087	
	8.1 <i>La concentration de la dynamique fluviale à l'embouchure</i>87	
	La dynamique antérieure à l'influence de l'être humain87	
	Le but des interventions87	
	Seuils longitudinaux, digues offensives, arrière-digues88	
	8.2 <i>La régularisation de Ragaz à Monstein (dite régularisation saint-galloise)</i>88	
	L'inquiétude relative à la ligne de partage des eaux à Sargans88	
	La vue d'ensemble89	
	Début des travaux d'aménagement du fleuve91	
	Canaux d'assainissement et ponts92	
	8.3 <i>La coupure de Fussach</i>93	
	La recherche de raccourcissements du Rhin93	
	Une proposition de compromis94	
	Projet et exécution des travaux94	
9	La correction du Rhône en amont du lac Léman97	
	9.1 <i>De la nuit des temps à 1800</i>97	
	9.2 <i>Réorientation politique et technique après 1800</i>98	
	9.3 <i>Procédure coordonnée à partir de 1860</i>99	
	Solidarité confédérale99	
	Les principales caractéristiques de la correction de 1863 à 1894100	
	9.4 <i>Deux déclamations et des corrections ultérieures</i>103	
10	La première correction des eaux du Jura de 1868 à 1891 pour point culminant105	
	10.1 <i>Causes et premières mesures</i>105	
	L'extension inquiétante des lacs et des marécages depuis l'Age du bronze105	
	Le travail incessant de deux rivières à grand charriage105	
	Premières mesures106	
	10.2 <i>Une grande variété de projets et deux défilés d'experts</i>106	
	Aperçu de la situation106	
	Le premier défilé d'experts107	
	Le deuxième défilé d'experts107	
	10.3 <i>La naissance du projet de construction</i>108	
	Initiatives locales, Johann Rudolf Schneider108	
	Le projet directeur de Richard La Nicca de 1842 et le troisième défilé d'experts109	

	D'oppositions opiniâtres à l'arrêté fédéral de 1867	110
10.4	Les travaux de construction de 1868 à 1891	110
	La haute surveillance de la Confédération, la subdivision grossière en étapes	110
	Le canal Nidau-Büren	111
	Le canal de Hagneck	113
	Les canaux de la Broye et de la Thielle, des travaux d'adaptation	115
	Achèvement des travaux et aperçu de la 2 ^e correction des eaux du Jura	115
11	Autres corrections fluviales au 19^e siècle	117
	11.1 La correction du cours inférieur de la Birse à partir de 1811	117
	11.2 La correction de la Glatt à partir de 1813	120
	La correction de la Glatt inférieure de 1813 à 1830	120
	La correction globale de 1878 à 1895	123
	11.3 La correction de l'Aar entre Thoune et Berne à partir de 1824	123
	Situation avant la déviation de la Kander en 1714	123
	Les travaux visant à protéger Thoune	124
	La correction de l'Aar entre Thoune et l'Uttigenfluh de 1871 à 1892	126
	La correction entre le Schützenfah et l'embouchure de la Gürbe de 1824 à 1859	129
	11.4 La correction de la Reuss uranaise à partir de 1850	130
	11.5 La correction de la Broye à partir de 1853	132
	11.6 La correction de l'Emme à partir de 1886	136
	11.7 La correction du Tessin à partir de 1888	139
12	Aménagement des torrents	143
	12.1 La physiologie des torrents	143
	12.2 Les premières mesures: sur le cône de déjection et le chenal d'évacuation	143
	Pourquoi s'est-on établi sur des cônes de déjection?	143
	Travaux de correction	143
	Bassins de rétention des matériaux charriés	148
	12.3 Extension des mesures à l'ensemble du cours	150
	De la lutte contre les symptômes à la lutte contre les causes	150
	Les premières cascades de barrages	150
	Les premiers petits brise-laves	153
	12.4 L'ère des cascades de barrages	153
	Echange de vues en région alpine	153
	Un concept à l'échelle de la Suisse	154
	Le défi posé par les barrages en torrent; l'aménagement de la Nolla	156
	L'homme de la situation	161
13	Quelques critiques intéressants de l'establishment	163
	13.1 Faut-il dévier d'autres rivières dans des lacs?	163
	13.2 Un principe de modelage guidé par une philosophie de la nature?	166
	13.3 Un cours rectiligne ou sinueux?	169
14	Protection contre les hautes eaux des lacs	173
	14.1 Buts de la protection contre les hautes eaux et solutions	173
	14.2 Tour d'horizon des plus grands lacs	174
	14.3 Le lac des Quatre-Cantons, passerelle ou pierre d'achoppement en Suisse centrale	174
	14.4 Le lac de Zurich, ou la libération de la Limmat barricadée	177
	14.5 Le lac Léman, machine hydraulique versus protection contre les crues	181
	14.6 Pas de protection contre les hautes eaux du lac de Constance – sauf une petite renaturation en 1856	188
15	Evolution des tâches de la Confédération	191
	15.1 La période jusqu'à la Restauration	191
	15.2 La période suivant la Constitution fédérale de 1848	192
	15.3 Le premier inspecteur fédéral des travaux publics	194
	Bibliographie	197
	Sources des illustrations	206



Fig. 1 Crue de la Sihl à Zurich en 1732. D'après une gravure de D. Redinger. Sens de l'écoulement: de gauche à droite.

1 Les crues, causes et anciennes interprétations

1.1 Les différents types de crues

Les crues peuvent survenir naturellement ou être provoquées par l'être humain, mais la distinction n'est pas toujours facile à établir. Le cadre du présent ouvrage ne permet pas d'en détailler toute la variété, car les connaissances acquises jusqu'à nos jours dans l'hydrologie des crues remplissent de nombreux livres et actes de congrès. C'est pourquoi les principaux types sont décrits sommairement, l'accent étant mis sur des cas de crues que les Temps modernes ne connaissent plus guère.

Crues naturelles, des intempéries aux ondes de translation dans les lacs

La grande majorité des crues est imputable à de fortes précipitations. Dans les grands bassins versants, la pluie doit persister pendant plusieurs jours avant que les rivières et les grands lacs ne commencent à déborder. En revanche, dans les bassins versants de petite taille, une violente pluie d'orage peut suffire pour déclencher une catastrophe. C'est pourquoi intempéries et inondations sont devenues synonymes en Suisse. Contrairement à une croyance largement répandue, la fonte des neiges suffit rarement pour occasionner des crues à elle seule. Elle est toutefois de nature à remplir les réservoirs d'accumulation naturels et artificiels d'un bassin versant, si bien que l'arrivée d'une forte pluie produira ensuite «un effet prépondérant». L'essentiel de la précipitation, peu amortie, se retrouvera dans le débit de crue. Les pluies dites «antécédentes» exercent la même action de remplissage. Parmi les réservoirs d'accumulation, on compte d'abord le sol lui-même, mais aussi les dépressions du terrain et les espaces habituellement libres situés dans les cours d'eau naturels et artificiels.

Dans les torrents, il arrive que des arbres et des blocs entraînés par une crue s'accumulent contre un obstacle. Ces obstructions entravent l'écoulement jusqu'à ce qu'elles cèdent sous la pression de l'eau et provoquent une onde à front raide avec une brusque augmentation du débit. Le même phénomène survient lorsque de petits glissements de terrain ou des laves torrentielles latérales bloquent temporairement un cours d'eau.

La glace est à l'origine de phénomènes similaires dans les rivières. Lorsque des crues forcent le passage dans un cours d'eau gelé, elles entraînent des plaques de glace susceptibles de s'amonceler derrière un obstacle. La barrière ainsi formée peut céder en déclenchant une dangereuse débâcle ou provoquer un exhaussement du niveau de la rivière et des inondations en amont. Notons qu'une couverture de glace compacte est également de nature à élever le niveau des rivières, du fait des frottements qu'elle engendre. Ces phénomènes



Fig. 2 Amas de glace dans la Sihl à Zurich-Wiedikon vers 1900. Vue vers l'amont.

liés à la glace ne sont plus guère connus aujourd'hui en Suisse. Mais les périodes climatiques plus froides d'autrefois comptaient des jours de gel en plus grand nombre, et la «production de glace» était plus abondante dans les rivières ramifiées de jadis que dans les cours d'eau canalisés d'aujourd'hui. Citons par exemple les souvenirs d'un habitant de Dietikon qui datent des années 1890: «A cette époque, on craignait la glace de la Sihl, dont les grosses plaques descendaient souvent la Limmat au printemps, s'accumulaient contre la digue en enrochement (simple ouvrage de prise d'eau pour alimenter le canal d'amenée à une fabrique) et se dressaient à la verticale. Le cri d'alarme «La glace de la Sihl arrive!» retentissait ... d'un bout à l'autre du village. Les hommes rejoignaient en hâte la digue, équipés de crochets, de perches, de pioches et autres outils pour prévenir le désastre» (LUTHI 2001).

Alors que la vidange rapide de lacs naturels anciens se produit rarement, il n'en va pas de même pour ceux qui ont été formés récemment suite à des glissements de terrain ou des éboulements. Une brèche peut s'ouvrir dans la masse affaissée et provoquer la vidange rapide du lac et la formation d'une onde de submersion. Cette brèche se forme sous l'action d'un lessivage interne ou suite à un débordement, c'est-à-dire par érosion interne ou de surface. Citons par exemple le Rhin postérieur en amont de Thusis, dont le cours était parfois obstrué jusqu'à une hauteur de 12 m par les alluvions rapidement accumulées par les crues de la Nolla, et qui dévastait le Domleschg après avoir forcé le passage (chapitre 12).

Les lacs et les poches glaciaires ou sous-glaciaires qui se vident brutalement engendrent des ondes de



Fig. 4 Vagues provoquées dans le lac de Lauerz et dans le marais contigu par l'éboulement de Goldau de 1806. Aquarelle de l'époque de D. A. Schmid.



Fig. 3 Le lac de Mauvoisin accumulé derrière le cône d'éboulement du glacier du Giétro en 1818.

submersion analogues. Le mécanisme de la débâcle glaciaire est caractérisé par le fait qu'une masse de glace accumulée retient les eaux de fusion pendant un certain temps, avant qu'elles ne se fraient un chemin en faisant fondre la glace, généralement le long d'un chenal intraglacière ou sous-glaciaire préexistant. On craignait autrefois les ruptures relativement fréquentes des lacs de Mattmark, du Gorner et de Märljelen. LÜTSCHG (1926) note que le lac de Mattmark, qui se reformait chaque été en amont de la langue du glacier de l'Allalin, s'est brusquement vidangé 26 fois entre 1589 et 1850, causant notamment des catastrophes en 1633 et en 1680. La moitié de la population de la vallée de Saas aurait été contrainte d'émigrer suite à l'événement de 1633. Bien que moins fréquentes, les débâcles du lac de Mauvoisin étaient encore plus redoutables. Il était

formé par les eaux de la Dranse de Bagnes qui s'accumulaient derrière les énormes masses de glace éboulées à partir du glacier du Giétro. La dernière débâcle date de 1818, lorsque le lac de Mauvoisin atteignit une longueur de 2 km, une largeur de 200 m et une profondeur de 60 m. C'est en vain que l'ingénieur cantonal valaisan Ignace Venetz (1788–1859) essaya de prévenir la rupture du barrage avec l'aide de son équipe. Armés de haches, ils ouvrirent une tranchée dans la glace, tel un évacuateur de crue, qui aurait dû faciliter la vidange lente du lac en s'agrandissant progressivement. Mais la Dranse, qui s'était frayé un chemin sous la glace, grossit brusquement et ravagea la vallée jusqu'à Martigny. On déplora 44 victimes et d'énormes dévastations (KAISER K. 1990).

Les ondes de translation dans les lacs représentent une forme particulière de hautes eaux. Elles sont provoquées par des instabilités des rives. Lorsque des éboulements, glissements de terrain, effondrements de berge, avalanches, chutes de glace ou grandes laves torrentielles atteignent un lac, ils chassent d'importantes quantités d'eau. Les vagues ainsi provoquées sont des ondes de grande longueur qui se propagent rapidement et peuvent occasionner des destructions en déferlant sur les rives. Elles s'apparentent aux raz-de-marée d'origine sismique, aux tsunamis, qui affectent la surface de la mer. Citons par exemple l'éboulement de Goldau de 1806. S'il a causé d'importants dommages directs sur sa trajectoire, il en a également occasionné

à distance. C'est ainsi qu'une partie de l'éboulement s'est abattue dans le lac de Lauerz et s'est liguée avec l'onde de pression accompagnant la masse en mouvement pour générer une onde de translation qui a touché les rivages en faisant dix victimes (FELCHLIN, date inconnue).

Crues causées par des ouvrages de retenue artificiels

La demande de bois était considérable avant l'avènement du chemin de fer, qui a permis d'importer du charbon. Autrefois, le bois était de loin la plus importante source de chaleur pour les bâtiments dédiés à l'habitation et à l'artisanat, ainsi que pour l'industrie en expansion à partir du milieu du 18^e siècle. L'extraction de charbon et de tourbe indigène ne revêtait qu'une importance locale. Comme le bois servait également de matériau de construction, il en a été abattu de grandes quantités. Les régions alpines posaient inévitablement un problème de transport. Une des

solutions de prédilection était le flottage, qui consistait à confier les troncs coupés à un torrent, qui les acheminait le long de son cours. Au terme de leur voyage, ils étaient interceptés dans un bassin pourvu de grilles, puis retirés de l'eau. Comme le débit de ces torrents était souvent insuffisant, on construisait des retenues dites de flottage en amont du point de départ des troncs. Il s'agissait de barrages qui retenaient les eaux des torrents pendant un certain temps, avant qu'on leur laisse champ libre en ouvrant rapidement une vanne. Il en résultait un brusque afflux d'eau qui emportait les troncs amoncelés dans le lit des torrents. En général, cet afflux d'eau ne provoquait pas de débordement, mais il était de nature à accélérer l'érosion dans les tronçons raides des torrents. On connaît notamment le cas de la Rovana, dont le cours supérieur était équipé de deux retenues de flottage utilisées entre 1854 et 1858. En 5 ans à peine, elle a surcreusé son lit jusqu'à 30 m à l'aplomb de Campo Vallemaggia, ce qui a déclenché le glissement de la terrasse où est situé le village. Suite à cela, le flottage a été interdit

Fig. 5 Flottage de bois en torrent. Des ouvriers forestiers renvoient des troncs échoués dans le courant. Dessin de Th. Schuler, 1857.

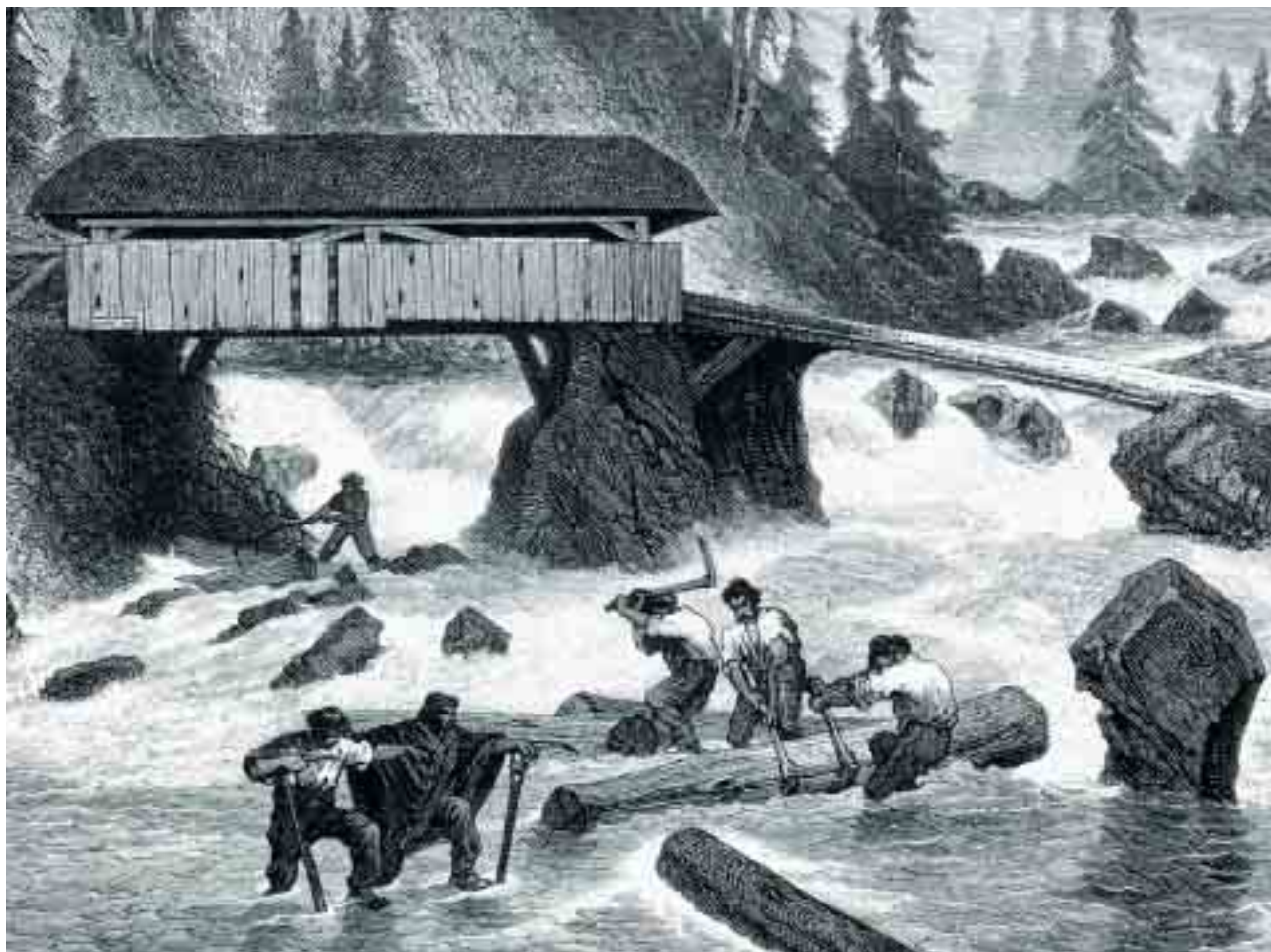




Fig. 6 Le Trachtbach est sorti de son lit à Brienz en 1846. Dessin de L. Vogel.

dans la Rovana. D'autres torrents ont réagi de manière plus modérée, par exemple l'Eau Froide, qui servait à l'alimentation en bois des salines de Roche, entre Aigle et Villeneuve. Sa retenue de flottage, située à la Joux Verte, se composait d'un mur en pierres sèches haut de 8 m et long de 20 m. Construite en 1695, elle est considérée comme le plus ancien barrage-voûte de Suisse (SCHNITTER 1992).

Mentionnons enfin la possibilité de vidange brusque d'une retenue artificielle réalisée à d'autres fins, telles l'utilisation de la force hydraulique, l'alimentation en eau ou la pisciculture. Mais de tels événements ne se sont que rarement produits en Suisse. Seule la rupture en 1877 de la digue en terre construite la même année à Crap Alv, près du col de l'Albula, mérite d'être relevée. Érigée par un hôtelier local qui s'était passé de conseils techniques, elle avait une longueur de 115 m pour une hauteur de 5 m et devait servir à la création d'un vivier. Environ 150'000 m³ d'eau se sont déversés par la brèche et ont causé quelques dommages le long de la rivière Albula jusqu'à Bergün. En revanche, personne n'a été blessé. Cette onde de submersion a été décrite en détail par Friedrich von Salis (1825–1901), ingénieur en chef du canton des Grisons à l'époque de l'événement (VON SALIS 1879).

Crués et laves torrentielles

Un torrent en crue peut charrier des quantités considérables de matériaux. En principe, la vitesse de la charge solide est en moyenne inférieure de plusieurs ordres de grandeur à celle du courant.

Mais un torrent est également susceptible de former des laves torrentielles. Dans ce cas, l'eau et les matériaux solides se mélangent à tel point qu'ils se déplacent solidairement. Une caractéristique de telles laves torrentielles est qu'elles peuvent s'écouler par saccades.

De nombreuses laves torrentielles se produisent dans des ravines sèches la plupart du temps, lorsque des éboulis sont mobilisés par un afflux d'eau soudain.

Ce type de phénomène est en général unique.

En Suisse, les rivières alpines et de plaine, qui charrient des quantités modérées de matériaux, ne présentent aucune propension à la formation de laves torrentielles.

Le charriage est cause d'inondations

Le charriage est le plus important en période de crue. C'est pourquoi le transport solide d'une rivière dépend étroitement de la fréquence et de l'ampleur de ses crués.

Si une rivière ne peut pas évacuer tous les matériaux qu'elle reçoit, le surplus reste dans son lit. Le fond s'en trouve surélevé, ce qui réduit la revanche le long des berges et facilite le débordement des eaux de crue. Vu sous cet angle, le charriage est certainement source d'inondations.

Les tronçons de rivières dont le fond du lit, stable durant une longue période, se met à monter relativement rapidement revêtent un intérêt particulier à cet égard. Les causes peuvent être les suivantes:

- la production de matériaux susceptibles d'être charriés augmente dans le bassin versant sans que la fréquence ni l'ampleur des crues ne croissent en parallèle;
- la fréquence et l'ampleur des crues diminuent, tandis que la production de matériaux solides reste constante;
- le lit de la rivière est élargi, ce qui diminue sa capacité de charriage.

Les mécanismes inverses provoquent naturellement un approfondissement du lit des cours d'eau, toutefois moins intéressant du point de vue des inondations. La formation d'un delta à l'embouchure d'une rivière dans un lac peut également provoquer un exhaussement de son lit. Ce phénomène sera traité dans les chapitres consacrés aux corrections de la Linth et du Rhin alpin.

L'accent principal sera mis sur l'augmentation de la production de matériaux solides dans le bassin versant, c'est-à-dire sur l'accroissement de l'érosion consécutif à des facteurs autres que la recrudescence de fortes précipitations.

1.2 Perception des crues

Comment la population d'autrefois percevait-elle les crues catastrophiques? L'auteur n'a connaissance d'aucune étude qui traite de leur interprétation. Aussi propose-t-il quelques hypothèses correspondant aux modes de pensée les plus répandus, qui présentent d'ailleurs certaines similitudes. Parmi les différentes sortes de crues mentionnées précédemment, seules sont prises en compte celles qui résultent de fortes précipitations, éventuellement couplées avec la fonte des neiges. Ce cas de figure prédomine à un point tel qu'il relègue les autres au rang de cas particuliers.

Les intéressés ont toujours su que les crues sont liées à certaines situations météorologiques, qu'on qualifie aujourd'hui encore d'intempéries. Lorsque de nombreuses laves torrentielles, coulées de boues et glisse-

ments de terrain profonds se produisaient simultanément, on croyait parfois en la concomitance d'un tremblement de terre. C'est ce qui ressort notamment d'une analyse de l'époque relative aux hautes eaux de 1852 (ZSCHOKKE 1852). Ici, l'interprétation des crues fait appel uniquement à leur mode de formation et

Fig. 7 «L'Emme-serpent déborde sous la conduite d'un gnome vert et de son énorme sapin.»



aux intempéries qui les déclenchent. Les causes peuvent être de nature

- surnaturelle (transcendante);
- naturelle;
- humaine.

Intervention d'êtres surnaturels

- Esprit maléfisant, créature fabuleuse malintentionnée;
- destin aveugle;
- leçon divine;
- punition.

Nombre de torrents sont gratifiés d'une légende qui attribue leurs crues à un monstre maléfisant ou du moins à un esprit tourmenté. Le Ponce Pilate de la Bible serait par exemple responsable des dommages occasionnés par le Renggbach, qui provient de la montagne portant son nom. Selon la légende, son corps, qui sème trouble et agitation sur son passage, a été immergé au terme d'une longue errance dans un petit lac situé sur les flancs du Pilate. Il y restait en paix tant que personne n'y jetait rien. Sinon, il provoquait de terribles intempéries et des débordements du Renggbach qui menaçaient la ville de Lucerne (chapitre 5). Aussi a-t-elle interdit l'accès au lac et même organisé



Fig. 8 «Représentation du raz-de-marée envoyé par la main de Dieu sur maintes contrées les 25 et 26 décembre 1717, dans lesquelles nombre de personnes et de têtes de bétail périrent misérablement et beaucoup de maisons et de biens furent détruits.» Dessin de J. Füesslinus.

des gardes. Pour combattre des siècles de superstition, un courageux curé de Lucerne se rendit sur place en 1585, en compagnie d'une nombreuse assistance. Il jeta des pierres dans le lac et y fit marcher son escorte sans que rien ne se produise. Suite à ce geste, le gouvernement de Lucerne fit combler le lac en 1594 pour abolir la superstition (STIRNIMANN 1882). C'est pourquoi le petit lac du Pilate n'existe plus aujourd'hui. Des processions comme celle-ci, et surtout le courant de recherche d'explications qui s'est instauré aux 17^e et 18^e siècles, ont fini par rejeter les légendes dans le domaine du folklore. Mais des interprétations transcendantes sont restées vivaces jusqu'à la fin du 19^e siècle. L'une d'entre elles associait les inondations à un destin aveugle. On croyait que les intempéries et les crues étaient le fait d'une puissance supérieure qui frappait aveuglément, en l'absence de tout responsable. La langue anglaise décrit un tel phénomène comme un «Act of God», évitant ainsi de lui donner un sens précis. Un dessin exécuté par un Zurichois nommé Johannes Melchior Füesslinus au début du 18^e siècle illustre cette vision des choses. On y voit une scène de naufrage apocalyptique (probablement au nord de l'Allemagne) commentée comme suit: «Représentation du raz-de-marée envoyé par la main de Dieu sur maintes contrées les 25 et 26 décembre 1717, dans lesquelles nombre de personnes et de têtes de

bétail périrent misérablement et beaucoup de maisons et de biens furent détruits.»

Un autre mode d'interprétation, à connotation morale, discerne une leçon divine dans toute crue dévastatrice. De telles catastrophes naturelles refléteraient la parole et l'action de Dieu. L'événement qu'il envoie aux hommes, le destin, vise à secouer leur conscience et à les inciter à mieux se comporter. C'est pleinement imprégné de cet esprit que Jeremias Gotthelf (1797–1854) a écrit en 1838 son œuvre magistrale sur les inondations qui ont frappé l'Emmental en 1837, «Die Wassernot im Emmental». Il y décrit la crue destructrice de l'Emme et conclut par un sermon, car il était pasteur. Gotthelf s'oppose à l'idée que l'événement pourrait être dû à un destin aveugle. Il y voit une manifestation divine incitant les hommes à suivre le droit chemin: «Un sot dirait que la sagesse et la bonté lui sont données comme dans un jeu d'enfant espiègle, qui détruit parfois pour pouvoir recommencer dès le début. Le pauvre sot ne connaît pas la puissance de Dieu, il ignore que toute destruction contient le germe d'une création plus accomplie...» (GUTE SCHRIFTEN 1958).

Une opinion encore plus répandue autrefois voyait une punition des pécheurs dans la détresse due aux inondations, comme dans toute autre catastrophe naturelle. L'archétype de cette conception était le Déluge, qui anéantissait une population considérée comme dépravée.

Caprices et faiblesses de la nature

- Comportement fantasque des eaux;
- nature faible.

Une autre interprétation des crues les assimile à des caprices de la nature. Les cours d'eau étaient considérés comme des êtres vivants, en particulier avant la christianisation. Plus tard, on leur a aussi conféré une certaine personnalité, plus ou moins transcendante. Les cours d'eau étaient fréquemment nommés en fonction du caractère qu'on leur attribuait. Les plus fougueux étaient qualifiés de Mauvoisin (mauvais ou maudit voisin), Höllbach (torrent infernal), Rabiusa (la furieuse), etc. (VISCHER 1989a). On situera ce proverbe dans le même contexte: «Un grand seigneur et une grande rivière sont de mauvais voisins, car ils emportent toujours quelque chose.» On pensait d'une part aux coups de main du prince et d'autre part aux dommages dus aux crues.

Il fallait se défendre contre les incursions des eaux sous la forme d'inondations, c'est-à-dire repousser l'insolent voisin. C'est pourquoi le mot «défense» joue un rôle important dans le vocabulaire de la protection contre les crues, en particulier dans la langue allemande.

Plutôt que de se défendre contre les eaux, on peut également les domestiquer. Cet objectif pédagogique est inclus dans la notion de correction, qui désigne un important aménagement de cours d'eau: en allemand, la correction implique une amélioration; en français, elle comprend également une réprimande. La correction des eaux vise donc à corriger, voire améliorer un cours d'eau dangereux. On trouve un homologue en droit pénal, qui prévoit la possibilité d'envoyer un délinquant dans une maison de correction pour s'amender. Il s'agit de corriger une «nature faible».

L'étymologie du mot correction englobe également la notion de rectitude. La correction d'une rivière implique le réaménagement de ses courbes et son redressement. Pour désigner cette opération, on a également

Fig. 9 Le Rhin est maîtrisé! En haut: le Rhin corrigé dans la coupure de Fussach, avec des ponts en acier construits entre 1899 et 1900. En bas: le Rhin enchaîné. Vignette de H. Scherrer.



Rheinnot

*Wie liegt die Nacht so schwer überm Tal,
so feucht und so frostig allüberall
Kein Sternlein grüset mit seinem Schein
die wildschwarzen Wogen im rauschenden Rhein.*

*Sie grollen und rollen auf kiesigem Grund;
sie wachsen wehkündend von Stund zu Stund.
Auf zitterndem Damme, in dunkler Nacht,
mein Vater steht auf der Wasserwacht.*

*Die nahende Not verkünden vom Turm
die heulenden Glocken; sie läuten Sturm.
Sie läuten so traurig, talauf und talab,
den Sommersegen ins nasse Grab.*

*Wohl schaffen schaufelnd beim Fackelschein
die Männer und Frauen in stummen Reih'n.
Wohl tragen sie Rasen und Erde herbei;
die Wellen spotten: «Der Jungstrom ist frei!»*

*Sie lecken mit zorniger Zunge den Damm;
sieh da! - hochgehender Wogenkamm
stürzt über! - Die sandige Wehre weicht;
ein Wehruf über die Wasser streicht. -*

*Sie kommen, sie kommen so hoch, so voll;
sie beugen die Saaten in wildem Groll.
Indes das Sturmgeläute verklingt,
die gurgelnde Flut in die Häuser dringt.*

*Und über den Wassern, Irrlichtern gleich,
da leuchten Laternen den Männern so bleich.
Die flüchten aus überflutetem Stall
das brüllende Vieh aus dem Wogenschwall.*

*Und oben im Hause, dass Gott erbarm,
sitzt zitternd die Mutter, das Kleinste im Arm.
Sie hat die lange, die traurige Nacht
mit schwerem und bangendem Herzen durchwacht.*

*Nun hebt der Morgen den Schleier hinweg,
verschwunden sind Garten, Strasse und Steg.
Die Kronen der Bäume nur zeigen die Spur
der untergegangenen Segensflur.*

*Da horch! Wie tröstender Engelsang
ruft über die Fluten der fromme Klang
der Morgenglocke ins Kämmerlein:
«Die Liebe ist stärker als unser Rhein!»*

Fig. 10 Rheinnot (Misère rhénane). Poème de Johannes Brassel (1848–1916) de St. Margrethen.

introduit des synonymes tels que rectification et régulation ou régularisation. Ces termes apparaissent au début du 19^e siècle dans les documents suisses. En vertu d'une décision prise par la Diète fédérale en 1804, il y a par exemple lieu de «régulariser et stabiliser comme il convient tout le lit de la Linth jusqu'à Grinau». Et le rapport d'inspection d'une commission de 1810 fait mention de la correction de la Linth en amont de Näfels.

Interventions humaines

Selon un autre mode d'interprétation, les crues sont causées, ou du moins amplifiées, par des interventions dans le bassin versant des cours d'eau. L'influence humaine se traduit essentiellement par:

- la déforestation;
- des constructions dans les cours d'eau;
- des négligences.

Au début du 19^e siècle, on incriminait en premier lieu la surexploitation forestière, en pensant à l'abattage intensif qui décimait essentiellement les peuplements de conifères et par conséquent les forêts de montagne. La cause est à chercher dans la demande croissante de bois d'œuvre et de bois de feu par une population et une industrie en expansion. La croissance des crues catastrophiques était imputée à ce déboisement. Comme ce point de vue est devenu un paradigme en quelques décennies, et qu'il est encore très répandu à l'heure actuelle, des explications plus approfondies s'imposent. Lors de la correction de la Linth de 1807 à 1816, on soupçonnait déjà la «destruction inconsidérée de la couverture forestière» d'accentuer l'érosion dans le pays glaronnais (LINTH-ESCHER-GESELLSCHAFT 1993). L'inspecteur forestier en chef de l'Oberland bernois, Karl Albrecht Kasthofer (1777–1853), a même considéré en 1822 que cette destruction était à l'origine de la détérioration climatique de l'époque. Quant à Luigi Negrelli (1799–1858), ingénieur de Zurich mandaté par la Société suisse d'utilité publique pour procéder à de nouvelles investigations, il a expressément recommandé en 1835 de préserver les forêts. D'autres experts se sont exprimés dans le même sens (BRÄNDLI 1998).

Joseph Duile (1776–1863) d'Innsbruck, spécialiste des torrents qui a expertisé ceux du canton de Glaris en 1841, a fourni davantage de détails. S'agissant de l'abattage de bois en forêt de montagne, il a critiqué aussi bien le «déboisement inconsidéré des forêts garnissant les versants montagneux abrupts» que certaines méthodes des bûcherons. Les déchets de bois qu'ils jettent dans les ravines augmenteraient le risque



Fig. 11 Le Räbloch, sur le cours supérieur de l'Emme. Des ouvriers forestiers descendent encordés dans la gorge afin de dégager des troncs bloqués. Dessin d'après E. Rittmeyer (1820–1904).

d'obstruction. En descendant les troncs – dans des glisnières nommées chemins de schlitte –, ils abîmeraient le sol à tel point que l'érosion et la production de laves torrentielles s'en trouveraient aggravées. D'après Duile, d'autres facteurs humains, comme le pâturage dans les forêts de montagne et quelques ouvrages hydrauliques mal conçus, participent également à la détérioration des torrents. Les effets négatifs du flottage ont déjà été mentionnés dans la section 1.1. En tout état de cause, comme l'a exprimé Charles Lardy (1780–1858) dans son mémoire de 1842, il était clair aux yeux de Duile et d'autres spécialistes que les crues catastrophiques sont surtout provoquées par les fortes précipitations et par les eaux de fonte.

Dans ce contexte, il est intéressant de relever deux avis extrêmes provenant de France. Les principes directeurs qui suivent ont été retirés des deux publications respectives, qui comptent plus de 300 et 500 pages. Le premier avis émanait de l'ingénieur Alexandre Surell

(1813–1887), qui a soutenu dans son «Etude sur les torrents des Hautes-Alpes» de 1841 que:

- «le développement des forêts provoque l'extinction des torrents»;
- «la chute des forêts revivifie les torrents éteints».

L'autre avis provenait de l'ingénieur François Vallès (1805–1867), qui est parvenu à la conclusion suivante dans ses «Etudes sur les inondations, leurs causes et leurs effets» de 1857:

- «les déboisements diminuent plutôt qu'ils n'augmentent l'intensité des inondations».

(SURELL 1870, VALLÈS 1857). Peu connus en Suisse, les travaux de Surell n'ont guère suscité d'oppositions. En revanche, les thèses de Vallès ont été perçues comme une provocation. Quelque 20 ans après leur parution, l'ingénieur bernois Robert Lauterburg (1816–1893) s'est encore senti obligé de les combattre vigoureusement. Dans son ouvrage «Über den Einfluss der Wälder auf die Quellen- und Stromverhältnisse der Schweiz» (LAUTERBURG 1877), il s'est basé sur des observations et des expériences personnelles pour affirmer qu'une forêt saine retient plus efficacement les précipitations qu'un terrain non boisé, et atténue donc les crues. S'il a relevé les limites de la capacité d'emmagasinement de la forêt, il les a placées trop haut

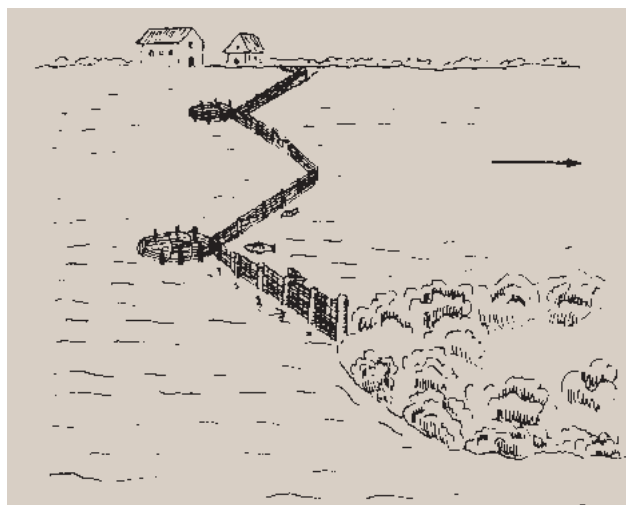


Fig. 12 Pièges à poissons équipés de nasses, dans un bras secondaire de la Limmat, au 17^e siècle. Esquisse de M. Baumann, 1977.

selon les connaissances actuelles (VISCHER 1988). Comme cette réserve n'a guère été évoquée dans les discussions publiques sur le sujet, les forêts sont considérées depuis 1870 environ comme étant un neutralisateur de crues par excellence. Le paradigme du déboisement, comme on le nomme rétrospectivement de nos jours (BRÄNDLI 1998, PFISTER & BRÄNDLI 1999), a également joué un rôle important dans l'instauration de la loi fédérale sur la police des forêts en 1876, d'autant plus que cette période correspond à une recrudescence

Fig. 13 Seuil artificiel dans l'Aar à Interlaken. Dessin de S. Birmann (1792–1847), gravure de G. Geissler.





Fig. 14 «Scène vue durant l'inondation du Rheintal saint-gallois en automne 1868», «vue d'après nature de E. Rittmeyer».

cence des crues extrêmes (VISCHER 1994a). L'entrave à l'écoulement occasionnée par les constructions édifiées dans les cours d'eau était plus facile à percevoir que l'influence des forêts. On s'estimait exposé aux inondations dès lors que des eaux fluviales ou lacustres étaient retenues par une intervention humaine. Mais il était difficile d'évaluer le rayon d'action d'un ouvrage à une époque où l'on ne savait pas encore calculer les courbes de remous avec une fiabilité suffisante.

Des ouvrages générateurs de remous ont été construits aussi bien pour se protéger contre les crues que pour exploiter les ressources des cours d'eau. Parmi les ouvrages de protection, on trouve notamment les digues offensives (Schupfwuhren), dont il sera question plus loin. Très répandue, la seconde catégorie englobait les pièges à poissons et les ouvrages de prise d'eau pour alimenter les moulins. Les pièges à poissons se composaient de palissades tressées disposées perpendiculairement ou obliquement par rapport au courant du ruisseau ou de la rivière, afin de diriger les poissons vers des nasses ou des filets. Quant aux ouvrages de prise d'eau pour les moulins, ils revêtaient généralement la forme de seuils fixes ou d'ouvrages-guides

visant à diriger le courant vers un canal et assurer une chute suffisante pour faire fonctionner la roue hydraulique. Le revers de ces ouvrages était bien entendu de provoquer un remous du niveau d'eau vers l'amont.

Un seuil mis en place dans l'Aar à Interlaken offre un exemple révélateur. Construit vers 1430 par les moines du couvent d'Interlaken, il était disposé obliquement dans la rivière et avait une hauteur de 2 m. Il servait à alimenter les moulins du couvent en eau motrice et à intercepter les poissons qui remontaient le courant. Ces poissons, notamment la délicieuse féra, ne devaient pas aboutir dans le lac de Brienz, mais dans les nasses des moines. Mais comme cet ouvrage rehaussait le niveau d'eau du lac de Brienz, la plaine à l'amont de celui-ci est devenue marécageuse jusqu'à Meiringen. Cette situation a perduré jusque dans la première moitié du 19^e siècle, soit même après la suppression du couvent. C'est en vain que les gens du Hasli et de Brienz tentèrent, les armes à la main, de détruire définitivement l'ouvrage tant haï en profitant de l'agitation suscitée par la Réforme en 1528 (GEISER 1914). D'autres lacs ont connu des problèmes similaires (chapitre 14).

L'ouvrage construit sur la Reuss en 1566 pour alimenter le moulin du couvent de Hermetschwil s'est également révélé préjudiciable à la plaine de la Reuss en amont. Rasé en vertu d'une décision de la Diète fédérale de 1584, il a été reconstruit 8 ans plus tard par le couvent (GRÜNIG 1988). Il a fallu attendre 1829 pour qu'il soit démoli partiellement et 1860 avant qu'il ne disparaisse totalement (HAURI 1958).

L'être humain influence également les crues, de manière plus insidieuse, par sa négligence. L'histoire nous enseigne que le souvenir des catastrophes naturelles s'estompe rapidement. Hier comme aujourd'hui, un événement important est volontiers considéré comme «le pire de mémoire d'homme», même si le site en question a déjà été affecté par une catastrophe similaire quelques années ou quelques décennies auparavant. Cette tendance à l'oubli a inévitablement provoqué une baisse de la vigilance et des négligences qui se sont manifestées à deux titres. D'une part, on a délaissé l'entretien des ouvrages de protection et, d'autre part, on a toléré des modifications imprudentes du lit de ruisseaux et de rivières. C'est ainsi qu'on a fondé une rangée de maisons dans la Langete à Langenthal au début du 17^e siècle, ce qui a favorisé le débordement de la rivière dans la ville jusqu'au 20^e siècle (BINGGELI 1983). On s'est également installé durablement dans des régions soumises sporadiquement aux inondations. Des localités se sont notamment développées dans des zones submergées par les débordements du lac de Constance.

Facteurs politiques et sociaux

- Destin des pauvres.

Celui qui est accablé par le souci quotidien d'assurer sa survie se préoccupe peu des dangers qui se manifestent tous les cinq ans ou plus. C'est pourquoi certaines régions dont la fertilité est justement due aux inondations ont été exploitées par l'agriculture et partiellement colonisées. La population démunie devait ou voulait accepter le risque concomitant. Ainsi, les inondations étaient également considérées comme le lot des pauvres, comme un phénomène affectant surtout les défavorisés.

Citons par exemple la plaine du Rhin alpin, qui était systématiquement frappée par les débordements du fleuve avant qu'il ne soit régularisé à partir de 1862. Vers 1830, près de la moitié des villages situés entre Haag et le lac de Constance, soit une quarantaine, étaient implantés sur des sols inondables, menacés, mais riches en nutriments (KAISER 1992).

Avant l'adoption de la Constitution fédérale, instituée suite à la Révolution française, la liberté d'établisse-

ment n'était pas garantie, ou seulement sous réserve. Le lieu de domicile était généralement subordonné à une autorisation des autorités, s'il n'était pas tout simplement prescrit, notamment pour les classes les plus démunies. Elles en sont venues à peupler des basses villes et des faubourgs menacés et à cultiver des marais et des terrains inondables. Wilhelm von Traitteur (1788–1859) a explicitement formulé un principe de planification dans ce sens en émettant la recommandation suivante à l'intention de la Saint-Petersbourg des tsars en 1825: «Les parties inhabitées du côté du champ de Volkov doivent être destinées à la classe inférieure de la population.» Or le champ en question se trouve dans un secteur notoirement menacé d'inondation (VISCHER 2001a). Le même principe a certainement été appliqué tacitement en Suisse durant l'Ancien Régime.

Mentionnons à titre d'exemple le cas du Schachen, dans l'Emmental. Seuls des travailleurs journaliers et quelques artisans peuplaient ces terres bordant la rivière. Le sol était pauvre et ses habitants étaient astreints à entretenir les ouvrages de protection contre les crues de l'Emme. Or ceux-ci ne parvenaient pas à empêcher tout débordement de la rivière, et la ruine des terres et des habitations qui va de pair. C'est pourquoi les habitants du Schachen étaient condamnés à la pauvreté. Le pasteur de Trachselwald a d'ailleurs écrit en 1770 que «la misère et l'indigence ont élu domicile dans ce Schachen» (THOMI 2000).



Fig. 15 Formation d'alluvions dans le cours de l'Aar en amont d'Uttigen. Vue vers l'amont, en direction de Thoune. Peinture à l'huile de J. L. Aberli (1723–1786).

2 Principales évolutions

2.1 A qui appartiennent les vallées?

La dynamique des rivières naturelles

La lumière du soleil, et donc l'énergie qui s'en dégage, entretient des cycles générant des changements notables à la surface de la Terre. Ce type de processus est particulièrement bien mis en évidence par le cycle de l'eau, qui provoque l'abrasion des reliefs et le comblement des plaines, parfois au détriment des lacs. A long terme, il produit une pénéplanation, où le travail inlassable des rivières et des torrents joue un rôle majeur.

On distingue deux types de cours d'eau. Les uns exercent une action érosive, ils approfondissent leur lit. C'est pourquoi ils coulent généralement dans un seul chenal, de tracé relativement direct. Ils façonnent en particulier les portions supérieures des bassins versants, où ils forment des vallées en V caractéristiques de l'érosion. Les autres cours d'eau sont le siège d'atterrissements, ils déposent les matériaux solides qu'ils charrient. On les trouve surtout dans les parties inférieures des bassins versants, où ils comblent les larges vallées. Ils empruntent typiquement plusieurs bras ou des méandres. Ces deux types de cours d'eau peuvent être séparés par des tronçons en équilibre, où le fond du lit reste à la même altitude pendant une longue période, par exemple de deux ou trois générations.

L'être humain qui s'établit au voisinage des cours et des plans d'eau est inévitablement soumis à leur

dynamique. Il doit prendre acte du fait que la nature n'est en principe pas en équilibre vis-à-vis de la topographie. Elle évolue, non pas continuellement, mais par à-coups, en particulier lors des crues.

Les rivières et les torrents en état d'érosion rongent le fond de leur lit, mais aussi leurs berges. Il peut en résulter des glissements de terrain dans les flancs raides des vallées. Les riverains perdent des terres et sont menacés par les mouvements de terrain. Ce genre d'instabilité est caractéristique des cirques d'érosion du cours supérieur, souvent de grande ampleur, qui contraignent notablement l'exploitation du sol.

Les rivières et les torrents où règne l'atterrissement subissent un exhaussement du fond de leur lit. Comme déjà expliqué à la section 1.1, ce phénomène favorise les débordements et les épandages d'alluvions. Il peut arriver que les cours d'eau débordent à un point tel qu'ils empruntent ensuite un nouveau lit. Les riverains sont menacés par les inondations et leurs terres pâtissent des épandages d'alluvions et des migrations du lit. Les rivières occupant les larges vallées de basse altitude peuvent se développer selon deux dynamiques, de rivières ramifiées ou de rivières à méandres. Un cours d'eau ramifié occupe naturellement un vaste périmètre. En basses eaux, il s'écoule dans deux ou trois bras séparés par de nombreux bancs de sable et de gravier, pourvus ou non de végétation. Quand le débit augmente, il emprunte des bras plus nombreux ou en crée de nouveaux, entre lesquels se forment de nouvelles îles. Lorsqu'il est en crue, il inonde tous les alentours et peut transformer durablement son lit. Celui de fleuves tels le Rhin alpin ou le Rhône valaisan occupe



Fig. 16 Erosion dans le bassin versant de la Nolla, près de Tschappina. D'après A. von Salis, 1870.

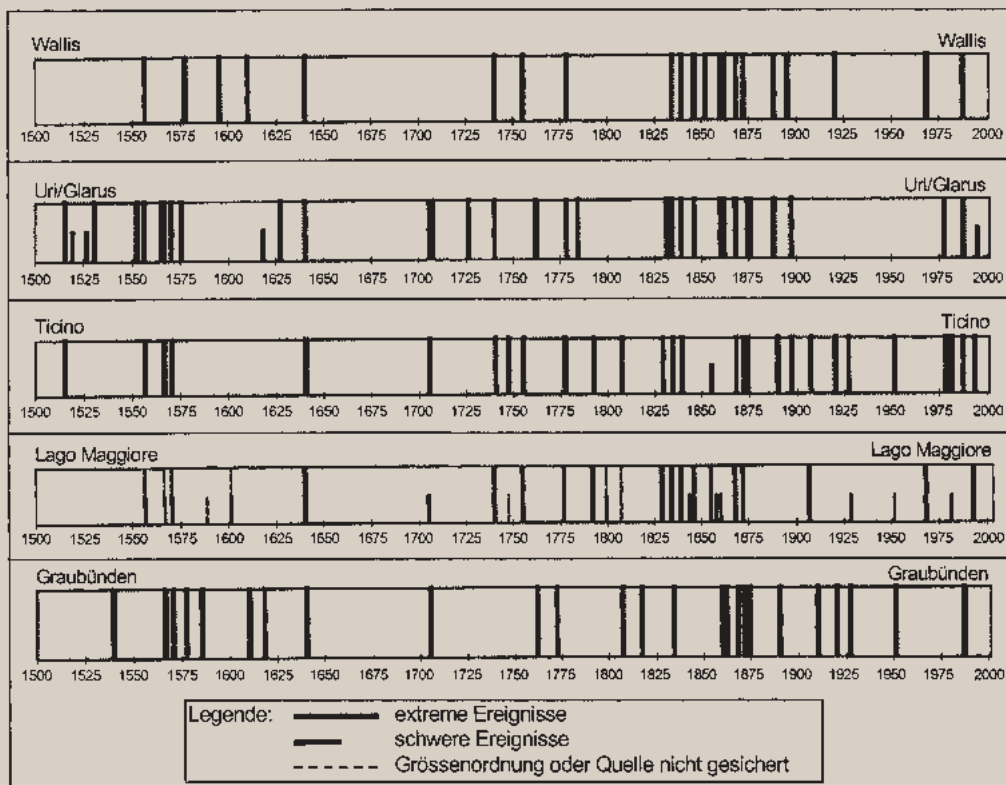
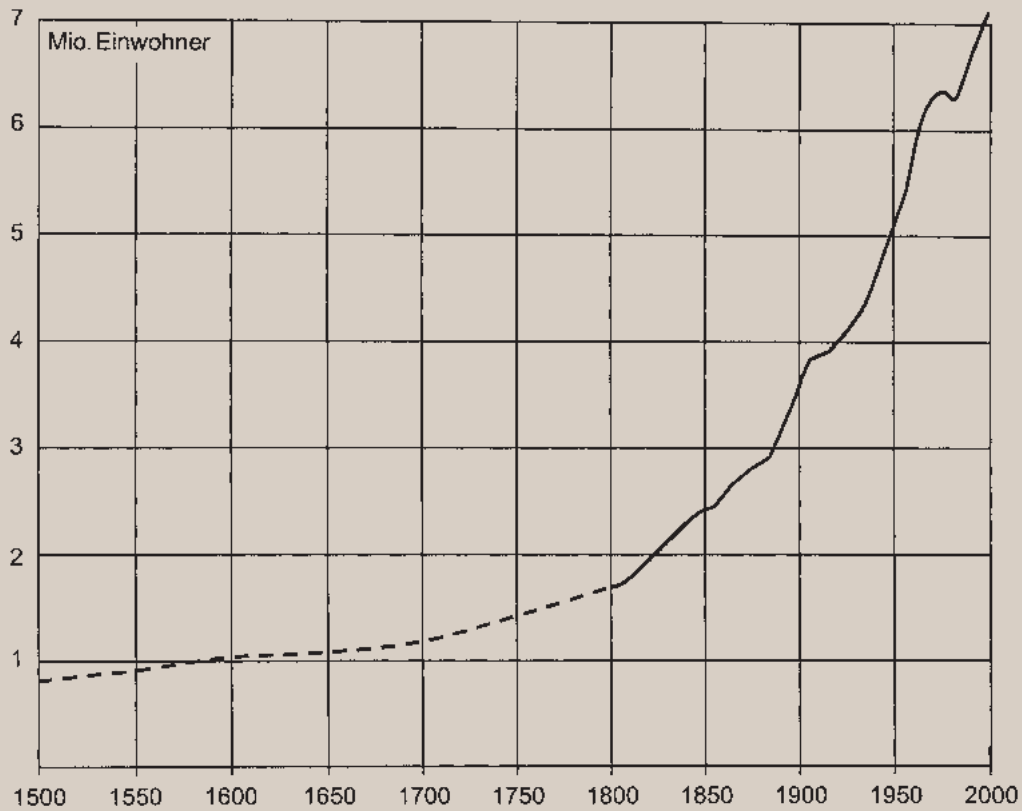


Fig. 17 L'évolution de la population dans le périmètre de la Suisse actuelle, en regard des grandes crues des années 1500 à 2000.

une largeur de plusieurs centaines de mètres, si ce n'est tout le fond de la vallée.

Une rivière formant des méandres possède généralement un seul bras et ne forme que quelques îles isolées. En basses eaux, elle suit paisiblement son cours sinueux. Mais lorsqu'elle est en crue, elle mine la berge externe des virages et dépose des bancs sur la rive interne. Son lit se déplace ainsi vers l'extérieur des méandres, ce qui contribue à les accentuer. Certaines boucles finissent par être si rapprochées qu'un passage pourra s'ouvrir d'une à l'autre. Une crue forcera brusquement le passage le plus direct, en coupant une ou plusieurs boucles. Les méandres court-circuités, ou les boucles abandonnées, forment des eaux mortes qui se combleront petit à petit.

Ainsi, tant les rivières ramifiées que les rivières à méandres sont flanquées de terrains marécageux, qui se forment dans les bras morts ou dans les basses terres saturées jusqu'à la surface. Le débordement de cours d'eau à plusieurs bras peut même laisser des lacs, qui se combleront également avec le temps.

Les stratégies des riverains pour se protéger

Les riverains des torrents et des rivières dynamiques ont en principe le choix entre trois stratégies:

- quitter les régions menacées;
- persévérer et prendre des mesures de défense contre les eaux adaptées au site;
- sécuriser les régions menacées par des mesures de protection contre les crues.

Si la première stratégie a souvent été appliquée dans l'espace alpin, elle ne fait pas l'objet du présent ouvrage. C'est pourquoi elle est illustrée par un seul exemple: en 1831, la Lütchine a débordé peu après l'embouchure du Saxetenbach à Wilderswil et s'est répandue vers Matten et Interlaken en traversant Wilderswil et le Bödéli. Il en a résulté un épandage d'alluvions d'environ un mètre d'épaisseur, dont les traces sont encore visibles aujourd'hui sur certaines vieilles maisons. Un compte rendu de l'époque relate laconiquement que le Saxetenbach (additionné à la Lütchine) a rompu la digue, recouvert tous les champs et contraint une partie des habitants de Matten à émigrer (GROSSNIKLAUS 1957).

La deuxième stratégie a notamment débouché sur l'organisation de la défense contre les eaux, qui n'est pas non plus décrite dans le présent ouvrage. Généralement mise sur pied par les personnes concernées, elle consistait entre autres à intervenir à certains endroits critiques en cas de danger d'inondation. Il s'agissait de prévenir le débordement d'un cours d'eau, de sécuriser



Fig. 18 Confluence de l'Il et du Rhin alpin. Vue vers l'amont du Rhin. Dessin de F. Schmidt, gravure de F. Salathé, vers 1880. Du côté suisse, on distingue une rangée d'épis visant à protéger les terres agricoles de Rütli.

certaines installations menacées ou d'effectuer des actions de sauvetage. Au plan de l'organisation et de la conduite, la défense contre les eaux s'apparentait au service du feu.

La troisième stratégie, qui consistait à se protéger contre les crues en prenant des mesures préventives et surtout en construisant des ouvrages, a gagné en importance à partir de 1700. Auparavant, le périmètre de la Suisse actuelle n'était pas encore très peuplé. Au début du 18^e siècle, sa population ne comprenait que 1,3 million d'âmes. Puis elle a crû pour atteindre les 3,3 millions en 1900, malgré une émigration considérable (HOPFLINGER 1986). Elle a donc presque triplé en 200 ans. S'il n'y a pas lieu d'entrer ici dans les causes de cette croissance, il faut en tirer une conclusion essentielle: la Suisse s'est révélée toujours plus exiguë!

Où cette population devait-elle résider, et cultiver le sol? L'altitude moyenne de la Suisse est de 1350 m et la moitié de son territoire est situé à une altitude supérieure à 1000 m. A une époque où l'agriculture jouait un rôle essentiel, les conditions climatiques et pédologiques régnant dans la moitié supérieure ne permettaient pas d'y implanter de grandes localités. C'est pourquoi l'accroissement de la population a surtout été sensible dans la moitié inférieure. Il en a inévitablement résulté une pression pour s'établir dans les larges vallées de plaine.

Cet état de fait explique pourquoi la protection contre les crues en Suisse est née dans les larges vallées. L'aménagement des torrents dans les régions supérieures a commencé plus tardivement. Les mesures



Fig. 19 Les inondations de 1876 en Suisse orientale. Site de Töss, dans la vallée de la Töss. Dessin de J. Weber.

prises en œuvre dans les vallées de basse altitude ont notamment consisté – outre la protection des objets eux-mêmes – à stabiliser les berges, puis à endiguer les cours d'eau et enfin à les corriger. En 1812, le célèbre expert en aménagement des rivières Johann Gottfried Tulla (1770–1828) de Karlsruhe a exprimé en ces termes le principe qui sous-tendait la correction des cours d'eau: «Une rivière ou un fleuve n'a besoin que d'un lit. S'il a plusieurs bras, il faut s'efforcer de resserrer son cours. On le maintiendra aussi rectiligne que possible, pour assurer un écoulement régulier en cas de crue, faciliter la conservation des berges et permettre au cours d'eau d'approfondir son lit afin d'abaisser le niveau d'eau et d'éviter que les terres avoisinantes ne soient inondées. Les bras morts seront comblés et les surfaces comblées accueilleront de la végétation» (VISCHER 2000a). La protection contre les crues dans de vastes régions peut être assimilée à la conquête de nouvelles terres.

Les larges vallées, qui appartenaient en quelque sorte aux rivières les parcourant, leur ont été disputées. L'être humain a restreint toujours davantage la liberté d'action des rivières, jusqu'à ce qu'il ne leur reste plus qu'un seul chenal entre deux digues. Cette conquête, combinée avec les améliorations foncières qui s'en sont suivies, a effectivement été qualifiée par la suite de colonisation interne. Mais elle a été réalisée pacifiquement, contrairement à la colonisation beaucoup plus agressive pratiquée outre-mer par les grandes puissances (VISCHER 1986a). Relevons cependant que toutes les grandes corrections de cours d'eau ne tombent pas dans la rubrique des conquêtes, à l'exemple de celle de la Linth de 1807 à 1816 (chapitre 7). Autrefois, la Linth se jetait, loin à l'aval de Ziegelbrücke, dans le lac de Tuggen où elle déposait les matériaux qu'elle charriait. Au 16^e siècle, ce lac, comblé, a disparu. Dès lors, la Linth a transporté une partie de sa charge solide jusque dans le lac

Supérieur de Zurich, tandis que le solde restait sur place et provoquait un exhaussement progressif de son lit en amont. Le niveau d'eau est monté simultanément, ce qui a eu de graves conséquences jusqu'au 18^e siècle. La Linth et ses affluents ont débordé toujours plus fréquemment. Puis le niveau des nappes phréatiques est également monté, si bien que les marécages se sont étendus dans la plaine de la Linth. Peinant à s'écouler comme auparavant, le lac de Walenstadt s'est mis à inonder les agglomérations riveraines (SCHINDLER 2001). Cette déstabilisation de la situation a finalement motivé la correction de la Linth. Plutôt que d'une conquête de nouvelles terres, il s'est agi de la réappropriation de terres déjà exploitées auparavant. Des considérations similaires ont concouru à la correction des eaux du Jura et à d'autres travaux. S'agissant des stratégies, il convient d'ajouter un fait souvent oublié. Au 19^e siècle, les besoins en terre des transports sont venus s'ajouter à ceux de l'agriculture dans les vallées basses. Depuis les années 1850, la construction ferroviaire – qui utilise volontiers les basses terres pour des raisons de déclivité – a été à l'origine de nombreux ouvrages de protection contre les crues, amorçant ainsi plusieurs corrections fluviales. Il en va de même pour maintes constructions routières. C'est pourquoi presque chaque ingénieur responsable de chantier routier ou ferroviaire était également spécialisé en construction hydraulique (VISCHER 2001b).

2.2 Des fléaux redoutés

Un siècle de crues

Les crues ne s'échelonnent pas régulièrement au cours des siècles. Il y a toujours eu des périodes humides suivies de phases sèches. Les chroniques nous apprennent que l'espace alpin suisse a souffert d'une recrudescence notable des crues au cours du 19^e siècle (PFISTER 1996). On estime même que des niveaux records ont été atteints au cours de cette période en de nombreux endroits. Reprenons l'exemple de la crue de l'Emme de 1837, déjà évoquée au chapitre 1: elle a dépassé largement tous les événements survenus avant et après cette date (WEINGARTNER 1998).

Par conséquent, la croissance de la population suisse dont il a été question plus haut a pratiquement coïncidé avec une forte augmentation des crues, ainsi que des inondations et des zones marécageuses qu'elles engendrent. Ainsi, on comprend aisément l'essor pris par la protection contre les crues en Suisse à cette époque. On voulait se prémunir contre les débordements,

d'une part, pour défendre les anciennes terres et localités et, d'autre part, pour sauvegarder les terres récemment arrachées aux cours d'eau.

La malaria et d'autres épidémies

Autrefois, la malaria était très répandue en Europe, depuis la Méditerranée jusque vers le 60^e degré de latitude. Elle est également attestée en Suisse depuis le 18^e siècle, sous le nom de fièvre intermittente, de paludisme ou de fièvre des marais. On l'a longtemps imputée à des vapeurs empoisonnées, à des miasmes morbides émanant de marais et d'eaux croupissantes. L'expression italienne «mal' aria» évoque d'ailleurs un «mauvais air». Mais il a fallu attendre 1898 pour découvrir que la malaria était transmise à l'être humain par un moustique qui se reproduit surtout dans les marais.

Les efforts consentis pour se protéger contre les crues et pour éliminer les marécages ont donc concouru à la lutte contre la malaria. Cette concomitance ressort clairement d'un document rédigé entre autres par



Fig. 20 Epidémie mortelle: allégorie extraite d'un calendrier de 1854.

Hans Conrad Escher (1767–1823) en 1807 et qui s'intitule «Aufruf an die Schweizerische Nation zur Rettung der durch die Versumpfung ins Elend gestürzten Bewohner der Gestade des Walensees und des unteren Linthtales» (Appel à la nation suisse pour sauver les habitants des rivages du lac de Walenstadt et de la vallée inférieure de la Linth qui ont sombré dans la misère à cause de l'extension des marais). On y lit notamment que: «... une matière morbifique produite par les marécages croupissants et les eaux pourrissantes se répand ... dans toute cette masse d'air piégée entre de hautes montagnes. D'où la fièvre des marais mortelle qui ... sévit périodiquement en faisant des ravages» (LINTH-ESCHER-GESELLSCHAFT 1993).

Si cette malaria n'était pas aussi virulente que son homologue tropical, elle affligeait des populations déjà affaiblies pour d'autres raisons. Aussi les mesures de protection contre les crues et d'assainissement des marais qui les accompagnaient ont-elles également visé à améliorer la santé publique. Ce n'est donc pas un hasard si l'initiateur du plus grand projet, de correction des eaux du Jura (1868–1891), était un médecin, nommé Johann Rudolf Schneider (1804–1880).

Il semble que la malaria ait disparu de Suisse et d'Europe centrale vers 1900, et un peu plus tard d'Europe

du Nord. BIRCHER (1992) fournit une description détaillée de la maladie et de sa propagation dans le Rheintal saint-gallois. Il mentionne également le typhus, dont les épidémies fréquentes et mortelles affligèrent maintes régions. Cette maladie était due à la pollution des puits, nombreux autrefois, par des inondations ou des aquifères contaminés. Ce dernier phénomène résultait de la montée généralisée des nappes aquifères et de l'amincissement concomitant des terrains secs.

2.3 Un programme national de développement

La Révolution française et la guerre qui s'en est suivie ont modifié durablement le caractère de la Suisse. La protection contre les crues a connu un tournant important. D'une part, on s'est mis à réfléchir et planifier à plus grande échelle, condition nécessaire à la réussite de processus supracantonaux. D'autre part, les nouvelles structures politiques ont permis d'améliorer l'équilibre des intérêts entre ville et campagne. Il en a résulté de véritables programmes de développement à l'intention de régions défavorisées.

La question de savoir pourquoi les programmes de

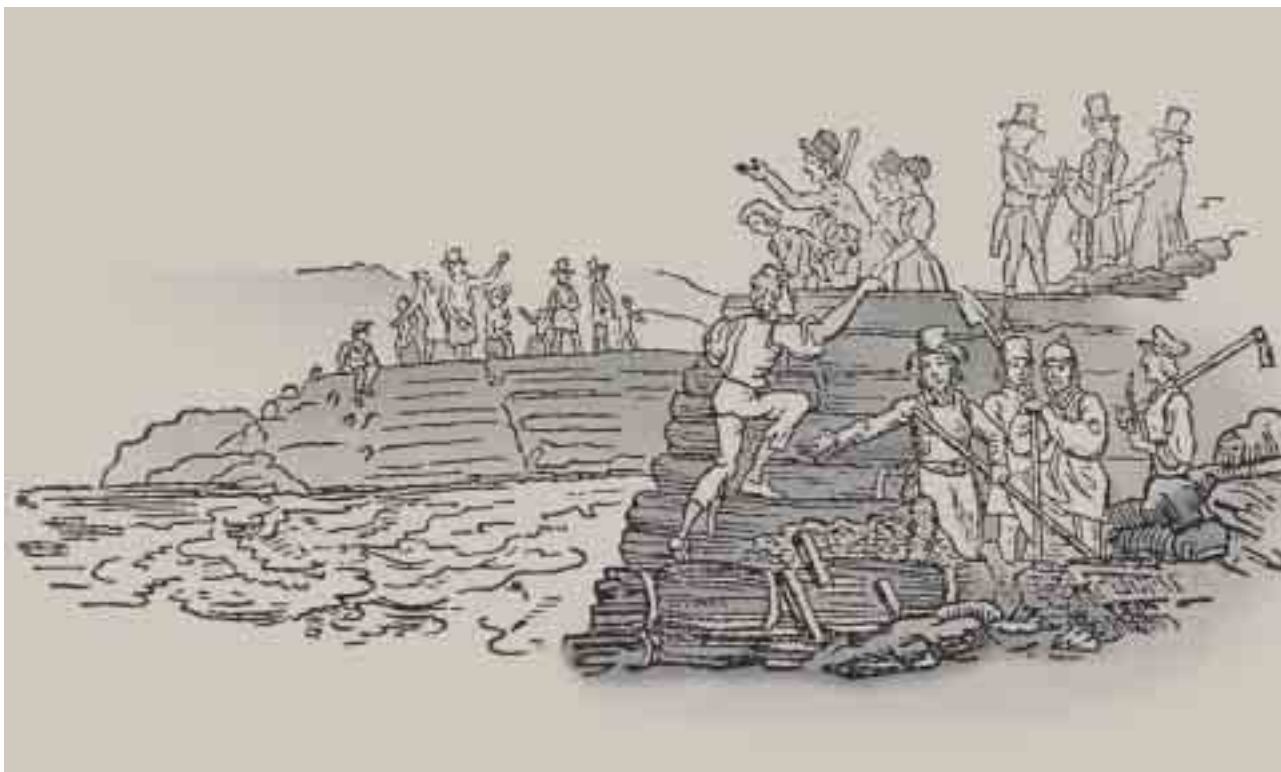


Fig. 21 Achèvement de la correction de la Linth: «... un marais est asséché, une région pauvre est assainie et promise au bonheur...». Dessin de M. Disteli, 1842, retouché par W. Thürig, 2001.

développement se sont exprimés à un tel point dans les corrections fluviales et les améliorations foncières ne sera pas discutée ici. Notons que cette orientation ne s'est pas limitée à la Suisse. Plusieurs autres pays européens se sont engagés sur la même voie.

Dans l'optique actuelle, il est intéressant de relever qu'on était fier des corrections fluviales. Elles reflétaient la volonté de transformer des régions incultes en terres cultivables. La disparition de nombreux bras, îles et zones alluviales dans les basses vallées a suscité peu de regrets, car il y en avait en suffisance. Les premiers doutes n'ont été émis que lorsque les paysages fluviaux intacts vinrent à manquer. Mais il a fallu attendre le 20^e siècle pour que les cours d'eau naturels suscitent l'intérêt de la collectivité. Il en va de même pour les marais. Jusqu'au milieu du 20^e siècle, ils ont été asséchés dans le cadre des améliorations foncières, avant d'être utilisés comme terre cultivable ou pour l'extraction de la tourbe.

Le «Disteli-Kalender» de 1842 donne une image du climat politique qui régnait en Suisse au 19^e siècle. Cet almanach populaire et polémique était publié par le mouvement libéral opposé à l'aristocratie et au clergé. Il contient entre autres le dessin de grands endiguements où se rassemble une population en liesse. Le texte associé vante l'élan patriotique et civique qui présidait à leur réalisation (DISTELI 1842).

Le chapitre 15, qui traite de l'évolution des tâches de la Confédération, en dit plus au sujet de la politique et des institutions d'autrefois à l'échelon fédéral.



Fig. 22 Matériel utilisé lors d'une cartographie de la Birse en 1798: théodolite, chaîne d'arpenteur, latte, boussole, etc. (voir aussi RICKENBACHER 1999).

3 Progrès scientifiques

La mensuration, l'hydrologie et l'hydraulique comptent parmi les principales sciences mises en œuvre pour aménager un cours d'eau. Mais c'est seulement durant la Renaissance, de 1350 à 1600, qu'elles se sont développées suffisamment pour fournir des bases fiables. D'abord, elles furent surtout utilisées par les militaires. Il était dans leur intérêt de disposer de cartes, car il leur incombait de construire des routes, des canaux, des ponts et des fortifications équipées de fossés remplis d'eau. Outre leur tâche de protection des villes contre les assaillants, ils s'occupaient également de protection contre les crues.

Les ingénieurs militaires acquéraient les connaissances requises en assistant un maître ou en fréquentant une école de génie militaire et d'artillerie. L'art du génie civil prit son indépendance à partir de 1716, lorsque le roi de France créa un petit corps d'ingénieurs. Il fut à l'origine de l'Ecole des ponts et chaussées de Paris, ouverte en 1747, qui resta la seule école d'ingénieurs en génie civil du continent pendant un demi-siècle. En 1765 fut fondée la «Bergakademie Freiberg», en Saxe, qui forma des ingénieurs des mines disposant de connaissances remarquables en génie civil et en mécanique. Puis d'autres écoles virent le jour parallèlement à l'essor de l'industrie. Outre l'Ecole des ponts et chaussées, d'autres écoles étaient importantes pour la Suisse, soit l'Ecole polytechnique de Paris (1795), l'Institut polytechnique de Vienne (1815), l'Ecole polytechnique de Karlsruhe (1825) et bien sûr l'Ecole spéciale de Lausanne (1853; actuellement EPF Lausanne) et l'Ecole polytechnique fédérale (1855; actuellement EPF Zurich).



Fig. 24 Samuel Bodmer et son assistant en train de lever une carte vers 1710.



Fig. 23 Plan de situation de la plaine de la Linth, avec les avant-projets de correction de la Linth. Dessiné par Andreas Lanz en 1884.

3.1 La mensuration

Cartographie

Jusqu'à la fin du 18^e siècle, les cartes territoriales étaient surtout descriptives et ne se basaient donc pas sur une mensuration. Citons par exemple la Carte de la Suisse de Johann Jakob Scheuchzer (1672–1733), remarquable au plan artistique (échelle env. 1:140'000), qui fournissait au moins un aperçu du réseau hydrographique. Un dessin représentant Samuel Bodmer (1652–1724) en train de cartographier les limites du canton de Berne vers 1710 donne une idée des techniques de relevé appliquées à l'époque. Bodmer, un lieutenant d'artillerie bernois qui se proclamait géomètre, dessine à main levée, tandis que son assistant utilise une lunette, également sans appui. Il s'est fait un nom en établissant le projet de correction de la Kander, qui fut réalisé de 1711 à 1714.

Puis la carte descriptive fut progressivement supplantée par la carte à l'échelle. En 1784, les avant-projets de correction de la Linth présentés par Andreas Lanz (1740–1803) se basaient déjà sur une carte élaborée par ses soins et d'allure quasi moderne. Lanz, officier d'artillerie et géomètre bernois comme Bodmer, nomma son travail «Plan géométrique d'une partie du lac de Walenstadt et de son émissaire, et confluence de la Linth glaronnaise et de la Linth de Weesen» (ZAUGG 1997).

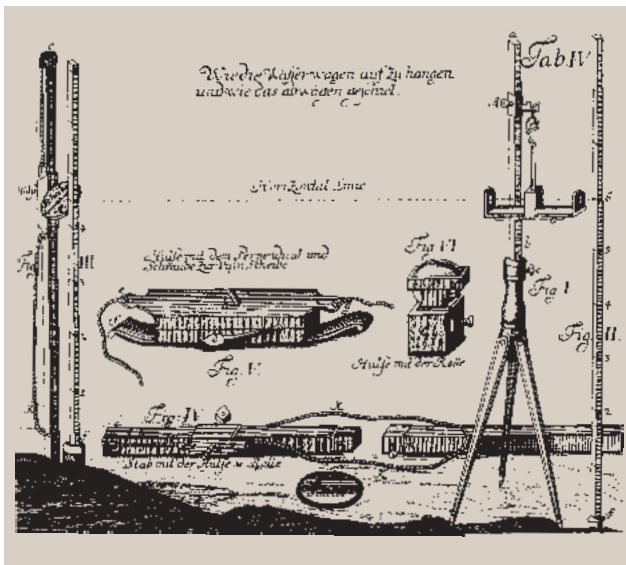


Fig. 25 Appareil de nivellement, sous la forme d'une balance suspendue et de ses accessoires. Dessin de J. Leupold, 1724.

Les 25 cartes Dufour au 1:100'000 (1838–1864) représentent le premier ensemble de cartes nationales modernes. Les travaux préliminaires dirigés par le professeur bernois de mathématiques et de physique Friedrich Trechsel (1776–1849) dans le Seeland furent notamment exploités par Richard La Nicca (1794–1883). A partir de 1840, il disposa ainsi d'une bonne carte au 1:60'000 de la région pour travailler sur la correction des eaux du Jura.

Mensuration technique

De quels outils géodésiques disposait-on autrefois pour élaborer les plans de construction et réaliser les travaux?

Tant que l'aménagement des cours d'eau se limitait à des interventions ponctuelles, il n'était pas nécessaire de disposer de plans ni de profils très précis. La position et la hauteur des digues étaient fixées sur place. Mais la donne a changé lorsqu'il s'est agi d'entreprendre d'importantes corrections.

Les descriptions de l'époque contiennent peu de données concrètes à ce sujet. Les quelques précisions sur les techniques de mensuration qui auraient été mises en œuvre de 1638 à 1664 lors de la construction du canal d'Entreroches, entre le lac de Neuchâtel et le lac Léman (KAPPELLE 1987), en sont d'autant plus intéressantes. On aurait utilisé des dioptries pour procéder aux visées, des planchettes pour déterminer le plan de situation et des balances suspendues ou des pendules pour préciser l'altitude (nivellement). Un dioptrie est un instrument de visée doté d'un diaphragme et d'un repère de visée, qui est utilisé avec une alidade pour

tracer des directions ou avec un appareil de nivellement pour mesurer des altitudes. Un tel appareillage permettait de déterminer une altitude avec une précision de 40 cm à plus de 10 km, ce qui était suffisant à l'époque.

Le milieu du 17^e siècle vit l'invention de la lunette de visée, dotée d'un réticule, et de la nivelle sphérique. Elles remplacèrent les dioptries ainsi que les balances ou pendules des instruments de nivellement, ce qui permit d'augmenter sensiblement la précision des mesures. Les premiers théodolites équipés d'une lunette de visée apparurent en 1730 (INGENSAND 1992). On ignore cependant quand il en fut fait usage dans l'aménagement des cours d'eau. En tout état de cause, aucune mensuration sophistiquée ne fut nécessaire pour mener à bien la première correction d'une certaine ampleur que connut la Suisse, celle de la Kander (1711–1714), dont il a déjà été question: le nouveau cours avait une longueur limitée à quelques centaines de mètres (VISCHER & FANKHAUSER 1990).

La correction de la Linth (1807–1816) plaçait la barre beaucoup plus haut. Elle visait à acheminer les eaux de cette rivière dans le lac de Walenstadt grâce au canal de Mollis (actuellement canal Escher), long de 5 km, puis dans le lac de Zurich en empruntant les 17 km du canal de la Linth. Il était impératif de connaître précisément les niveaux d'eau et les déclivités. Bien qu'Andreas Lanz eût déjà nivelé la région en 1783, le responsable des fortifications zurichoises Johannes Feer (1763–1823), l'un des meilleurs géomètres suisses de l'époque, entreprit en 1807 un nouveau nivellement plus détaillé qui satisfaisait aux exigences du projet (PESTALOZZI 1852). L'ingénieur-géomètre badois Johann Christian Obrecht (né en 1778) établit un réseau de triangulation dans la région de la Linth au moyen d'un «théodolite anglais» en 1808 déjà (SPEICH 2001). Les nivellements réalisés lors des nombreuses études qui préludèrent à la correction des eaux du Jura de 1868 à 1891 sont mieux documentés. Les projets du 18^e siècle pâtissaient du fait que les pentes régnant dans le Seeland – et par conséquent les interactions entre les lacs de Morat, Neuchâtel et Bienne – étaient mal connues. Aussi devaient-ils généralement se limiter à des corrections localisées. Le fait que les frontières entre les unités territoriales (les cantons d'aujourd'hui) étaient moins perméables à l'époque a certainement contribué à cette situation. Citons par exemple le major d'artillerie bernois Benjamin Anthoni Tillier (1709–1759) et l'ingénieur autodidacte valaisan Pierre-Joseph de Rivaz (1711–1772). Tous deux proposèrent, en 1749 et en 1760, des mesures de correction aux abords de la confluence de la Thielle et de l'Aar. On déclara plus tard pour l'un qu'«il a probablement utilisé de mauvais instruments pour opérer son



Fig. 26 Arpenteur utilisant une planchette et une alidade à Stein am Rhein en 1730.

Fig. 27 Richard La Nicca avec un appareil de nivellement, sur fond de paysage fluvial, vers 1850.



nivellement» (SCHNEIDER 1881) et pour l'autre qu'«il disposait manifestement d'instruments de qualité très médiocre» (PETER 1921).

Il fallut attendre le début du 19^e siècle pour que le Seeland dispose de bases topographiques permettant d'élaborer des plans d'ensemble. Comme signalé auparavant, elles sont l'œuvre de Friedrich Trechsel. Après avoir dirigé une triangulation du canton de Berne de 1816 à 1817, il réalisa un nivellement le long de l'Aar de Murgenthal à Aarberg, et le fit mettre à jour et prolonger jusqu'à Morat en 1840 (SCHNEIDER 1881). Des échelles limnimétriques ont été installées et des profils en travers des cours d'eau ont été levés à cette occasion. Richard La Nicca utilisa aussi ces données pour concevoir le premier projet global qu'il présenta en 1842 et qui fut réalisé de 1868 à 1891 moyennant quelques adaptations. Un portrait célèbre, qui le met en scène avec un instrument de nivellement moderne sur fond de paysage fluvial, témoigne de l'importance qu'il accordait à la mensuration.

Le point de référence altimétrique et les unités de mesure n'ont pas été uniformisés sans peine. C'est ainsi que les plans de La Nicca se référaient à l'échelle limnimétrique de Murgenthal et donnaient les altitudes en pieds bernois, puis en pieds suisses. Dans un premier temps, les documents relatifs à la correction sur territoire bernois se rapportèrent également à l'échelle de Murgenthal. Les valeurs ont été converties ultérieurement selon la référence de la Pierre du Niton à Genève, qui ne correspondait toutefois pas encore à l'«ancien horizon» mentionné aujourd'hui. La correction des eaux en amont dans les cantons de Fribourg, Vaud et Neuchâtel s'est basée dès le début sur l'horizon de la Pierre du Niton, à part quelques plans qui se référaient au point Noc de la douane d'Yverdon (PETER 1921).

3.2 L'hydrologie

Mesure des niveaux d'eau

Pendant longtemps, la protection contre les crues a consisté à consolider les berges des cours d'eau et à leur assurer une revanche suffisante. On s'intéressait donc uniquement aux niveaux maximaux et pas aux débits correspondants. Toutefois, les niveaux d'eau n'ont pas été mesurés systématiquement avant le 18^e siècle et n'ont été relevés que sur des sites particuliers, ponts ou murs de rive. Lors d'événements extrêmes, on apposait parfois un repère correspondant au maximum atteint, en l'assortissant de l'année de la crue. La halle aux grains de Rorschach porte une des plus anciennes marques de Suisse, qui atteste le niveau extrême atteint par le lac de Constance en 1566. D'autres repères conservés jusqu'à nos jours datent du 17^e siècle ou de plus tard (EHB 1907).

La première station limnimétrique de Suisse aurait été érigée en 1780 à Vevey, sur la rive du lac Léman, et exploitée jusqu'en 1817 (EHB 1907). Mais une station provisoire aurait déjà équipé le Rhône à Genève auparavant, si l'on en croit les archives genevoises qui contiennent une «Note de la hausse et de la baisse du Rhône du 7 février 1739 au 6 février 1740» (KASSER & SCHNITZER 1967).

La station de Vevey a été suivie d'autres sites de mesures lacustres, par exemple à Genève (1806), Weesen (1807), Zurich (1810) ou Neuchâtel (1817). La même époque a vu l'installation de stations sur des cours d'eau, par exemple sur la Linth à Ziegelbrücke (1807) ou sur le Rhin à Bâle (1808). L'échelle limnimétrique de Bâle a été mise en place à l'instigation de Johann Gottfried Tulla (1770–1828), dans le cadre de son projet de correction du Rhin supérieur (VISCHER 2000b). Elle était relevée quotidiennement, ce qui n'était pas courant à l'époque. Cette évolution correspond à une recrudescence de crues dévastatrices (EHB 1907).

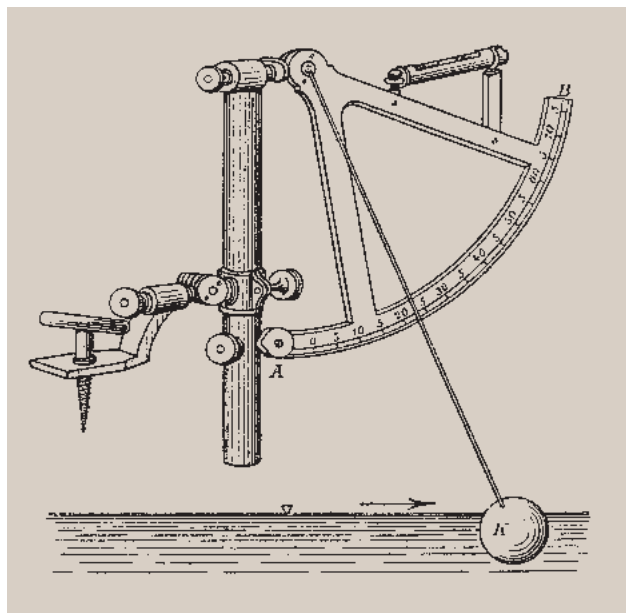
Au début, aucune corrélation n'était établie entre les différentes stations limnimétriques. Il a fallu attendre 1863 pour que la Commission hydrométrique – instaurée par la Société suisse des sciences naturelles et pré-ludant au Bureau central suisse d'hydrométrie fondé en 1866 – obtienne l'harmonisation souhaitée. Le dynamique ingénieur bernois Robert Lauterburg (1816–1893), qui dirigea le Bureau central, nous apprend que presque toutes les stations se référaient à des horizons limnimétriques différents et que les échelles étaient graduées, vers le haut ou vers le bas, en pieds de différentes sortes ou en mètres (VISCHER 1988a). Repris en 1872 par la Confédération, le Bureau central est le précurseur du Service hydrologique national actuel.

Jaugeage

La mesure du débit des cours d'eau s'est avérée indispensable dès le moment où la protection contre les crues a dépassé la simple consolidation des berges. Un nouveau lit devait notamment correspondre à une capacité d'écoulement donnée (nommée aujourd'hui débit de dimensionnement). Le débit résultait de l'équation de continuité hydraulique, disponible dès le milieu du 18^e siècle. Elle nous apprend que le débit est obtenu en multipliant la vitesse moyenne de l'écoulement à travers une section transversale donnée par la surface de celle-ci (section 3.3). L'établissement du profil transversal à l'aide d'une sonde posa des problèmes nettement moindres que la mesure de la vitesse moyenne de l'écoulement. Certes, on disposait depuis la Renaissance de nombreux appareils permettant de mesurer ponctuellement la vitesse de l'eau, tels que flotteurs, balances hydrauliques, pendules, roues hydrauliques et tubes de Pitot à partir de 1732. Mais ces appareils ne permettaient pas de balayer une section entière, ou alors au prix de grandes difficultés (VISCHER 1996). En Suisse, il est probable qu'on ait commencé par utiliser des flotteurs.

Le moulinet inventé vers 1790 par Reinhard Woltman (1757–1837), qui porte son nom, représenta une évolution majeure. Johann Gottfried Tulla fut le premier à le mettre en œuvre en Suisse, en 1807, dans le cadre de la correction de la Linth. A partir de 1810, il fut utilisé en différents endroits: dans l'Aar entre Thoune et Berne, notamment par Hans Conrad Escher (1767–1823) et Friedrich Trechsel, ainsi que pour la correction

Fig. 28 Pendule pour mesurer la vitesse du courant. D'après M. von Bauernfeind, vers 1860.

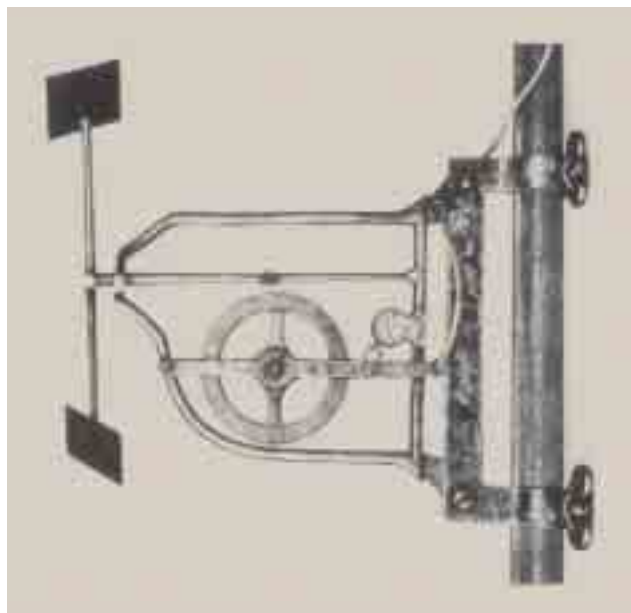


des eaux du Jura et sur le Rhin alpin (EHB 1907). Les mesures comparatives effectuées par le professeur Marc Thury (1822–1905) dans le Rhône à Genève en 1853 sont intéressantes. Ayant mis en œuvre un moulinet de Woltman et des flotteurs, il donna la préférence à ces derniers (LAMBERT 1988). La «Mesure internationale des flots du Rhin», effectuée à Bâle en 1867, fournit un résultat différent. Des moulinets de Woltman, des tubes de Pitot, des flotteurs de surface et des bâtons lestés étaient en compétition. Les deux premiers obtinrent les meilleurs résultats (KOELLA 1988). Parmi les représentants de la Suisse se trouvaient le professeur Carl Culmann (1821–1881), de l'École polytechnique fédérale, Robert Lauterburg, du Bureau central suisse d'hydrométrie, et Gottlieb Heinrich Legler (1823–1897), ingénieur en charge de la Linth. Legler était manifestement un défenseur du bâton lesté, dont on fit usage jusqu'au début du 20^e siècle aux côtés du moulinet de Woltman.

Hydrologie des crues

L'hydrologie des crues au sens où on l'entend actuellement n'existait pas encore à l'époque. Relevons avec intérêt le procédé choisi par Tulla en 1807 pour dimensionner le canal de Mollis destiné à dévier la Linth dans le lac de Walenstadt. Selon son contemporain Johann Heinrich Pestalozzi (1790–1857), il «mesura des profils et des vitesses dans un secteur caractéristique de la rivière proche du pont de Näfels». Utilisant un moulinet de Woltman, Tulla mesura un débit maximum de 4725 pieds cubes par seconde (PESTALOZZI 1852). Puis

Fig. 29 Moulinet de R. Woltman, 1786. Diamètre du moulinet: un pied.



il estima, probablement en interrogeant des riverains, que l'écoulement le plus haut jamais observé devait avoir utilisé une section d'écoulement trois fois plus grande. Il multiplia donc la valeur mesurée par un facteur trois et l'arrondit pour obtenir un débit de dimensionnement égal à 15'000 pieds cubes – soit 405 m³ – par seconde (LEGLER 1868). Trois raisons l'ont poussé à procéder à cette extrapolation. Premièrement, il ne pouvait pas attendre la répétition du plus haut écoulement jamais observé. Deuxièmement, les pointes de crue de la Linth étaient trop brèves pour être appréhendées par une campagne de mesure au moulinet. Troisièmement, la Linth en crue transportait tellement de matériaux charriés et de corps flottants qu'il était impossible de mettre en œuvre un moulinet dans ces conditions.

De nos jours, les hydrologues éprouvent les mêmes difficultés pour déterminer les débits de crue dans les torrents et les rivières de montagne. Ils procèdent également par extrapolation pour pallier le manque de mesures directes. Mais les statistiques appliquées à l'évaluation des débits de pointe, qui donnent notamment des indications sur les événements centennaux ou millennaux, ont fait de gros progrès depuis 1900. Du temps de Tulla, de tels procédés étaient inimaginables, ne serait-ce que par manque de séries de mesures.

3.3 L'hydraulique

L'équation de continuité appliquée à l'écoulement

L'équation de continuité, si commune de nos jours, n'a commencé à se diffuser que dès le milieu du 18^e siècle. Attribuée à Léonard de Vinci (1452–1519) ou à Antonio (alias Benedetto) Castelli (1578–1643), elle a été publiée dans le traité de Castelli «Della misura dell' acqua corrente», qui fut réédité à plusieurs reprises. Elle énonçait notamment dans une édition posthume (1660) et dans sa traduction anglaise (1661) que «Lorsque deux sections différentes sont traversées par la même quantité de liquide au cours du même intervalle de temps, les sections sont inversement proportionnelles à la vitesse du liquide». Mais elle ne disait pas encore que le débit est égal au produit de la surface de la section et de la vitesse du liquide. L'équation de continuité n'a été utilisée en pratique sous cette forme que plus tard (VISCHER 1996).

Jacob Leupold (1674–1727) a proposé une autre formulation dans un livre sur l'architecture des moulins. Indiquant comment mesurer le débit dans le canal d'aménée au moyen d'un flotteur et d'un pendule

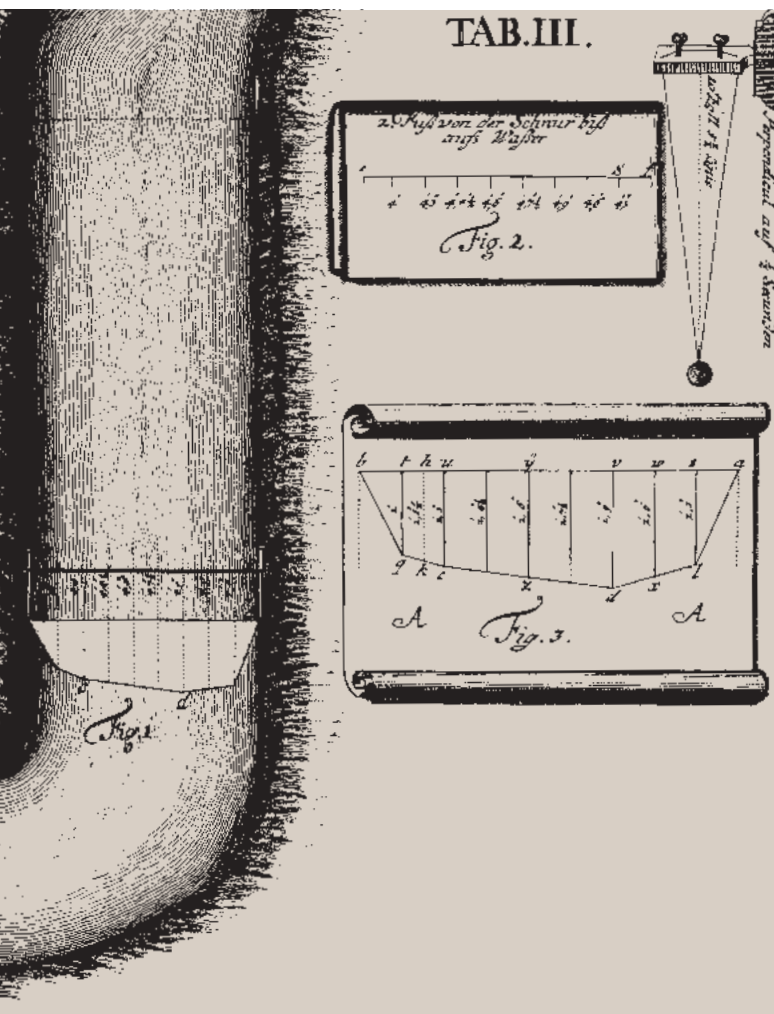


Fig. 30 Mesure du débit dans un canal d'amenée à un moulin, au moyen d'un flotteur et d'un pendule battant la demi-seconde. Dessin de J. Leupold, 1735.

battant la demi-seconde, il préconisait de mesurer la longueur et la section d'un tronçon du canal ainsi que la vitesse du flotteur. Puis il obtenait le débit en multipliant la longueur par la section du tronçon et en divisant le résultat par le temps mis par le flotteur pour le parcourir.

L'équation de continuité appliquée à la rétention lacustre

On ne sait pas exactement quand l'équation de continuité a été appliquée à la rétention lacustre. C'est Leonhard Euler qui l'a formulée sous sa forme différentielle actuelle en 1755. Mais rares étaient ceux qui maîtrisaient le calcul infinitésimal à cette époque, si bien qu'elle a très peu été appliquée pendant une longue période, et seulement pour calculer des débits. Dans le cas des lacs, on pouvait également lui trouver des solutions numériques, mais il fallut d'abord développer

une technique appropriée. Il est possible qu'on ait élaboré indépendamment une méthode de calcul du bilan hydraulique comparable à la tenue d'une comptabilité quotidienne: débit sortant vaut débit entrant moins augmentation de l'eau stockée.

Un tel bilan n'a certainement pas été établi en prélude à la correction de la Kander de 1711 à 1714. On ignore quels seraient les effets de son introduction dans le lac de Thoune (chapitre 6). Le savant genevois Jean-Louis Calandrini (1703–1758) n'a pas non plus calculé de bilan dans son expertise de 1749 sur le lac Léman. Son mandat consistait à déterminer si le niveau du lac subissait un exhaussement par suite de l'élévation du fond sous l'action de la sédimentation (chapitre 14). Plutôt que d'exclure simplement cette corrélation, il a établi que l'épaisseur de la sédimentation pour la période de 1712 à 1748 se montait à «deux pouces et un quart» (environ 65 mm), puis il l'a qualifiée de négligeable. Cela montre bien qu'on ne comprenait pas encore la physique de la rétention lacustre à son époque (LAMBERT 1986).

Bien qu'on n'ait pas trouvé de documents l'attestant, il est vraisemblable qu'un calcul de rétention ait été opéré lors de la correction de la Linth de 1807 à 1816. Tulla avait conféré au canal de Mollis un débit de dimensionnement égal à 15'000 pieds cubes par seconde (405 m³/s) selon la méthode décrite précédemment. Puis il avait mis ce débit maximum entrant dans le lac de Walenstadt en regard du débit maximum sortant par le canal de la Linth, de seulement 10'000 pieds cubes par seconde (270 m³/s). Il s'attendait donc à une importante rétention par le lac.

L'équation régissant l'écoulement normal

Les premières tentatives en vue de définir les écoulements en recourant à des formules datent également de la Renaissance. Mais elles ont échoué parce qu'on méconnaissait l'influence du lit des cours d'eau. On a longtemps cru que la vitesse du courant était plus grande au fond qu'en surface.

Ce fut probablement Albert Brahms (1692–1758) qui établit en premier le lien, bien connu aujourd'hui, entre la rugosité du fond du lit, la force gravitationnelle et la vitesse du courant. La formule le décrivant est l'œuvre d'Antoine Chézy (1718–1798), qui l'a développée en 1768 pour comparer différents canaux. Mais comme il ne voyait pas là une équation générale régissant l'écoulement libre, uniforme et permanent (dit écoulement normal), il ne la publia pas. C'est reformulée par Albert Eytelwein (1764–1848), sur la base de travaux préliminaires de Reinhard Woltman, et publiée en 1801 qu'elle s'imposa: la vitesse moyenne de l'écoulement passant à travers une section donnée

est égale au produit d'un facteur et de la racine carrée du rayon hydraulique et de la pente. Mais Eytelwein pensait que le facteur multiplicatif était une constante, alors qu'il dépend en réalité de la rugosité et qu'il doit être estimé ou déterminé empiriquement. Dès lors, on parla de coefficient de Chézy – il s'agit d'un coefficient de frottement – et de formule de Chézy pour l'écoulement normal (ROUSE & INCE 1980).

En Suisse, la formule de Chézy a été appliquée pour la première fois par Johann Gottfried Tulla, en 1807, lors de la correction de la Linth (VISCHER 2000b). Il semble qu'il ait d'abord utilisé la constante d'Eytelwein, et qu'il l'ait adaptée aux conditions de rugosité après avoir mesuré des débits au moyen d'un moulinet de Woltman (PESTALOZZI 1852).

La formule de Chézy, attrayante par sa simplicité, fut bientôt dotée d'adjonctions compliquées visant à résoudre le problème du coefficient de Chézy. Les travaux de l'ingénieur cantonal bernois Emile Oscar Ganguillet (1818–1894) et du secrétaire de la Direction des travaux publics du canton de Berne, Wilhelm Rudolf Kutter (1818–1888), furent couronnés de succès. Ils publièrent dès 1868 des expressions empiriques du coefficient de Chézy qu'ils avaient établies en se basant sur des centaines d'expériences d'autres chercheurs et surtout sur leurs propres mesures. Leur œuvre majeure fut traduite en anglais en 1889, ce qui

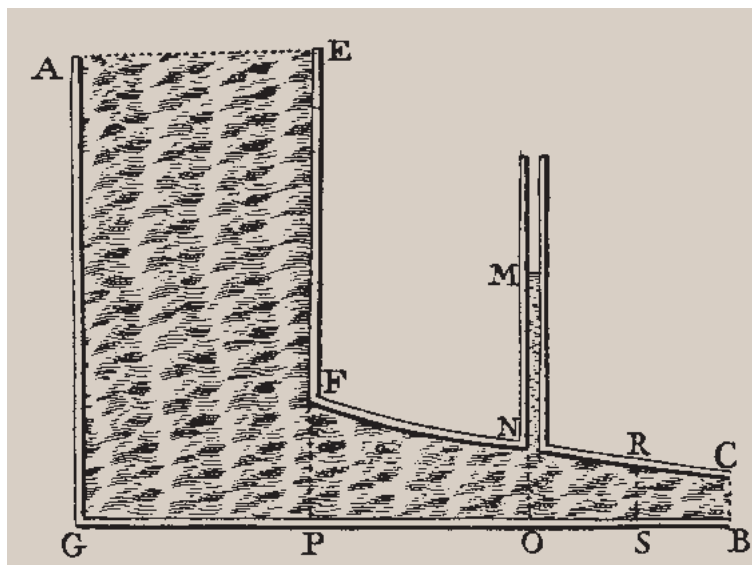


Fig. 32 Figure extraite du livre «Hydraulica» de Jean I^{er} Bernoulli, 1743.

lui valut une renommée internationale. On est parvenu un peu plus tard à simplifier ces expressions et à les intégrer dans l'équation d'écoulement connue aujourd'hui sous le nom de formule de Gauckler, de Manning ou de Strickler, selon les pays (VISCHER 1999). Sa généralisation à tous les canaux et tuyaux, en 1923, est à mettre au crédit d'Albert Strickler (1887–1963), qui fut chef de section à l'Office fédéral de l'économie des eaux (VISCHER 1987).

L'équation d'écoulement généralisée

La formule de Chézy, comme celle de Gauckler, Manning ou Strickler, ne s'applique qu'à l'écoulement normal. Elle exprime donc un état d'équilibre entre la force gravitationnelle motrice et les frottements induits par un canal d'une certaine longueur. Mais son résultat n'est pas fiable si la situation n'est pas équilibrée, c'est-à-dire dans le cas d'un écoulement accéléré ou ralenti dans un canal quelconque. Il n'empêche qu'elle était largement appliquée dans l'aménagement des cours d'eau vers la fin du 19^e siècle. La raison réside probablement dans le fait que les nombreuses rivières à lit unique de Suisse présentent un écoulement quasi normal, tandis qu'il l'est tout à fait dans les cours d'eau canalisés.

La nécessité d'une équation d'écoulement généralisée se fit impérieuse à partir des années 1850, car il fallait évaluer les effets des grands aménagements hydrauliques: lorsqu'un barrage est fermé, le niveau d'eau en amont suit une courbe de remous d'exhaussement, et lorsqu'il est ouvert, une courbe de rabattement peut s'instaurer. On trouve à la base l'équation de Bernoulli, applicable aux écoulements stationnaires, qui avait été

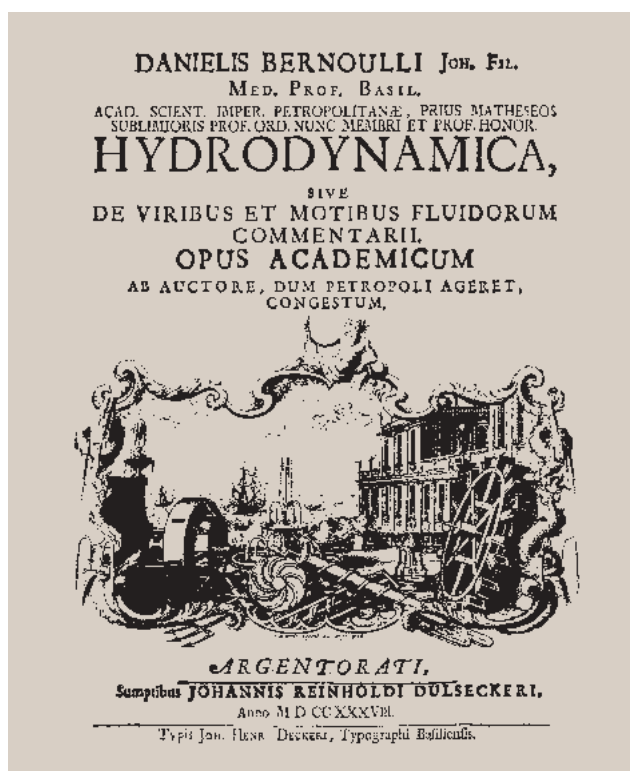


Fig. 31 Page de titre du livre «Hydrodynamica» de Daniel Bernoulli, 1738.

développée et publiée dans la première moitié du 18^e siècle par les savants bâlois Daniel (1700–1782) et Jean I^{er} (1667–1748) Bernoulli (VISCHER 1982). Mais pour qu'elle soit également applicable aux écoulements à surface libre, il fallait lui adjoindre un terme tenant compte des frottements. On a donc d'abord utilisé la formule de Chézy au début du 19^e siècle et ultérieurement celle de Gauckler, Manning ou Strickler. La pente dont il faut alors se servir est celle de la ligne dite de charge.

L'équation de Bernoulli élargie était donc disponible dès 1850. A cette époque, les travaux de Jacques Antoine Charles Bresse (1822–1888) acquirent une certaine renommée. Son manuel de 1860 comprenait une discussion approfondie de l'équation pour des canaux rectangulaires de grande largeur et soulignait l'importance de la profondeur critique. Enfin, Konrad Pressel (1857–1929) fournit une solution numérique de l'équation pour un canal quelconque, en suivant une procédure par étapes sous forme d'un tableau (JAEGER 1949).

La formule du charriage

Sachant que l'action est égale à la réaction, il semble évident que la force du courant agissant sur les matériaux charriés correspond au frottement engendré par le fond du lit. Mais cette relation n'aurait été formulée qu'en 1879, par Paul François Dominique du Boys (1847–1924): la force d'entraînement est égale au produit du poids spécifique de l'eau, de sa profondeur et

de la pente (ROUSE & INCE 1980). Signalons toutefois que Johann Gottfried Tulla savait déjà que la force d'entraînement agissant sur une pierre est proportionnelle au produit de la profondeur de l'eau et de la déclivité. En 1807, il a dimensionné le canal de Mollis (actuellement canal Escher) intégré dans la correction de la Linth de façon à ce que ce produit y soit plus faible en hautes eaux que dans la Linth en amont. Il voulait arriver à ce que les matériaux grossiers charriés dans le canal «roulent» plus lentement et soient abrasés avant d'être entraînés par le courant (PESTALOZZI, H. 1852, VISCHER 2000b).

La définition d'une pente d'équilibre fut très fructueuse pour les corrections des cours d'eau. Elle apparut incidemment en 1875, dans un memorandum en français d'Adolf von Salis (1818–1891), l'inspecteur fédéral des travaux publics de l'époque. Il y décrit la pente des cours d'eau où l'apport et l'évacuation des matériaux se contrebalancent comme «la pente correspondant à l'équilibre» ou «la pente qui leur convient» (VON SALIS 1875). La «philosophie» sous-jacente fut approfondie en 1881 par Karl Pestalozzi (1825–1891), professeur au Polytechnicum fédéral (actuellement EPF Zurich), dans son ouvrage sur «le charriage et la pente naturelle dans les rivières de montagne». Il postulait que chaque cours d'eau cherche à atteindre sa pente d'équilibre naturelle et y associait l'idée d'une largeur normale. Aussi recommandait-il d'exécuter le chenal d'une rivière corrigée en respectant autant que possible la pente d'équilibre et la largeur normale. Mais il pensait peu probable qu'on puisse les déterminer par le calcul; il fallait donc se baser sur des observations en nature (PESTALOZZI, K. 1881). Enfin, von Salis a de nouveau abordé cette théorie de l'équilibre dans un chapitre sur «le modelé naturel du profil en long des cours d'eau et la possibilité de les modifier artificiellement» (VON SALIS 1884). Il y traite également de l'abrasion des matériaux charriés.

Il fallut attendre le début du 20^e siècle pour disposer d'une véritable théorie du charriage afin de calculer le débit charrié et le volume solide transporté annuellement. Elle permettait notamment de déterminer la pente d'équilibre d'un canal en fonction de sa largeur. Les années 1980 ont vu l'avènement de formules applicables pour quantifier le triage naturel et l'abrasion des grains charriés. A peu près en même temps, on a commencé à donner une valeur plus relative à la théorie de l'équilibre au vu des instabilités climatiques et topographiques.

Il fallut attendre le début du 20^e siècle pour disposer d'une véritable théorie du charriage afin de calculer le débit charrié et le volume solide transporté annuellement. Elle permettait notamment de déterminer la pente d'équilibre d'un canal en fonction de sa largeur. Les années 1980 ont vu l'avènement de formules applicables pour quantifier le triage naturel et l'abrasion des grains charriés. A peu près en même temps, on a commencé à donner une valeur plus relative à la théorie de l'équilibre au vu des instabilités climatiques et topographiques.

Théorie des laves torrentielles

Dans le passé, aucune théorie ne décrivait les laves torrentielles. Tard dans le 20^e siècle, elles n'étaient toujours pas mesurées ni abordées sous l'angle théo-



Fig. 33 Figure extraite du livre «Praktische Anweisung zur Bauart der Faschinenwerke und der dazu gehörigen Anlagen an Flüssen und Strömen» (Instructions sur la manière de construire des ouvrages en fascines et les installations associées dans des rivières et des fleuves) de J. A. Eytelwein, 1818. Obturation d'un bras de rivière au moyen de fascines.

rique en Suisse. De nombreux comptes rendus traitant d'événements qui avaient affecté des vallées alpines faisaient à peine la distinction entre les débordements des cours d'eau et les laves torrentielles. Ce sont les crues de 1987 qui ont attiré l'attention sur les différents mécanismes. Dès lors, la recherche sur les laves torrentielles a connu un essor remarquable en Suisse.

3.4 Manuels de construction fluviale

La technique des constructions hydrauliques a disposé précocement de quelques manuels remarquables. Citons celui du Tessinois Agostino Ramelli (1531–env. 1610), qui a paru en 1588 à Paris. Cependant, il décrivait essentiellement des pompes, des moulins, des grues et autres appareils de levage, des engins de terrassement, des batardeaux et un arsenal d'engins de siège (VISCHER 2001b). Il servait donc plutôt de guide pour les machines hydrauliques et les engins de chantier. Les premiers manuels dédiés en tout ou partie à l'aménagement des rivières ne sont apparus qu'au 18^e siècle. En Suisse, les ouvrages suivants étaient certainement connus à leur époque (VISCHER 1986b):

- Jacob Leupold (1674–1727), Berlin 1724;
- Bernard Forest de Bélidor (1698–1761), Paris 1737–1753;
- Johann Esaias Silberschlag (1716–1791), Leipzig 1766 et 1772–1773;
- Lucas Voch (1728–1783), Augsburg 1767;
- Johann Albert Eytelwein (1764–1848), Berlin 1799.

Le premier manuel d'aménagement des torrents, dû à la plume de Joseph Duile (1776–1863), a été publié à Innsbruck en 1826, soit beaucoup plus tard. Il se fondait sur de nombreuses expériences personnelles, mais aussi sur deux ouvrages déjà parus à Innsbruck en 1779 et en 1808: «Von den Überschwemmungen im Tirol» (Des inondations au Tyrol), de Franz Zallinger zum Thurn (1743–1828), et «Über Bergfälle und die Mittel denselben vorzubeugen oder wenigstens ihre Schädlichkeit zu vermindern» (Des éboulements et des moyens de s'en prévenir ou du moins d'en atténuer les effets nuisibles), de Georg von Aretin (1771–1844). En 1841, Duile rédigea également un rapport comprenant de nombreuses remarques fondamentales sur les torrents du canton de Glaris (DUILE 1826 et 1841, ÖBLF 1984).

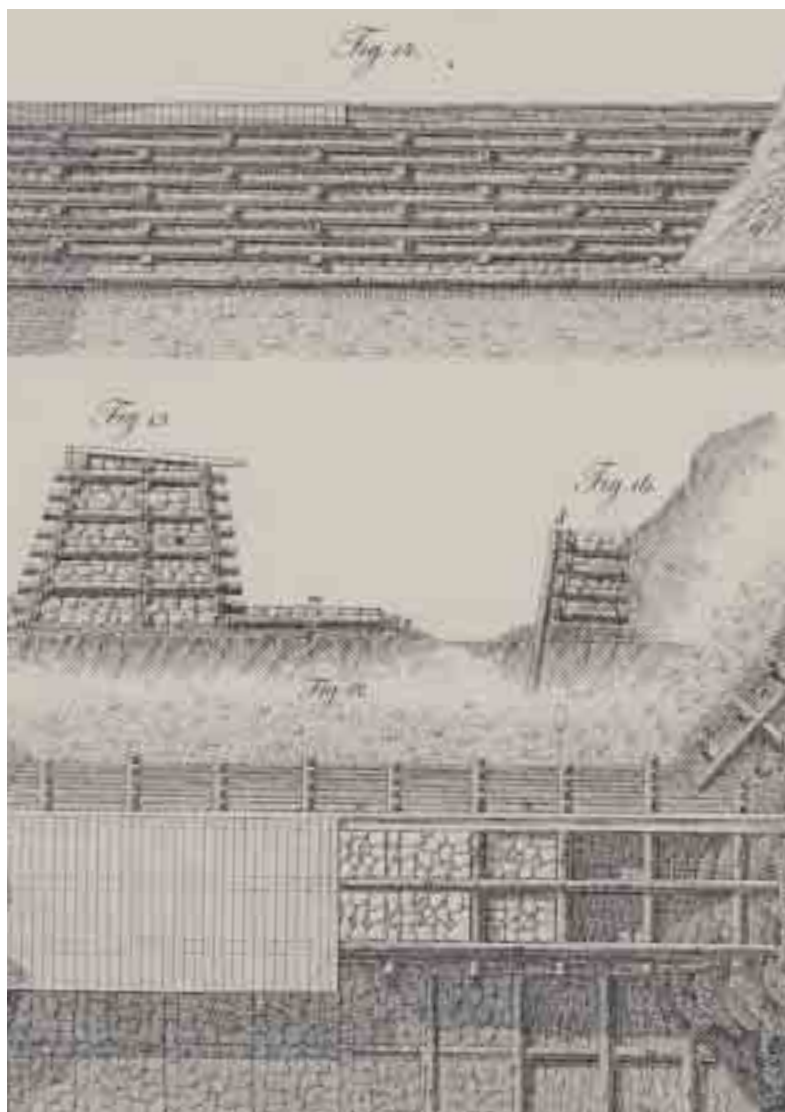


Fig. 34 Figure extraite du livre «Über die Verbauung von Wildbächen im Gebirge» (De l'aménagement des torrents en région de montagne) de J. Duile, 1826. Utilisation de caissons en bois pour un barrage en torrent.



Fig. 35 Epuisement d'un canal à la main, ou «... comment on évacue l'eau d'une fouille à bras d'homme». D'après B. F. de Bélidor, 1740.

4 De l'aménagement des rivières et des torrents

4.1 Les méthodes

Comment se protéger contre les crues?

Il existe en principe quatre possibilités pour protéger préventivement les localités et les cultures contre les crues:

- établir des plans des zones menacées: les localités et les cultures névralgiques seront implantées hors des zones inondables;
- protéger les objets menacés: les bâtiments et les voies de communication seront réalisés de manière à résister aux crues; on préférera les cultures qui supportent les inondations;
- aménager les cours d'eau: le débordement des cours d'eau et la rupture des berges seront prévenus par des aménagements des berges ou d'autres mesures constructives;
- retenir les crues: les débits de crue seront atténués en mettant en œuvre des mesures de rétention dans les bassins versants.

Une sorte de cartographie sommaire des dangers a conduit nombre de localités suisses à s'établir dans des zones surélevées. Mais leur extension ultérieure a souvent empiété sur des basses terres offrant une sécurité moindre. Leurs habitants devaient assumer plus ou moins consciemment un certain risque d'inondation (VISCHE 2001a). Autrefois, la plupart des routes importantes étaient également construites à l'abri des crues. Parfois, la menace s'est aggravée au cours du temps, par exemple à Weesen et à Walenstadt, qui étaient primitivement hors d'atteinte des inondations. Depuis le 17^e siècle, elles ont été affectées toujours plus souvent par des débordements estivaux du lac de Walenstadt qui s'étaient sur plusieurs semaines. La cause résidait dans la Linth, qui déposait ses matériaux charriés vers l'aval, obstruant progressivement l'écoulement du lac.

La protection des objets menacés était également répandue en Suisse. Mais les études historiques sur les prescriptions édictées et les solutions mises en œuvre à l'époque font défaut. En tout état de cause, on trouve souvent d'anciens bâtiments sans cave en lisière de zones inondables. Et ce genre de terrain est parfois traversé par des routes et des voies ferrées construites sur des digues.

Dans la suite, il ne sera plus question que de l'aménagement des cours d'eau, couplé le cas échéant avec la rétention des crues. La protection contre les crues en Suisse a essentiellement reposé sur ces deux piliers jusque tard dans le 20^e siècle.

Corrélation avec la protection contre l'érosion

Le dépôt de matériaux charriés réduit la revanche des cours d'eau et augmente la probabilité qu'ils débordent (chapitre 1). Aussi faut-il ajouter un poste à la liste des mesures de protection contre les crues:

- retenir les matériaux charriés: la production de matériaux charriables sera limitée en consolidant les bassins versants.

Ces matériaux proviennent surtout des tronçons raides du cours supérieur, soit des torrents. Il faut donc réduire leur pouvoir érosif, en construisant des ouvrages dans leur lit, et fixer les sources de matériaux (éboulis, zones en glissement, cirques d'érosion, etc.).

Dans la plupart des cas, ces ouvrages ne visent pas seulement à protéger les contrées en aval contre les crues, mais aussi à préserver les riverains des effets de l'érosion. La protection contre les crues dans le cours inférieur se double donc d'un objectif de conservation des terrains cultivables et de sécurisation des localités et des voies de communication dans le cours supérieur.

On parle d'aménagement des torrents pour décrire ce mode de protection contre l'érosion. Adolf von Salis (1818–1891), le premier inspecteur fédéral des travaux publics, faisait la distinction suivante entre l'aménagement des torrents et la correction des cours d'eau,

Fig. 36 Avant la correction de la Linth de 1807 à 1816, des marécages s'étendaient dans la plaine de la Linth, notamment entre Niederurnen et le lac de Walenstadt. Vue vers l'amont de la vallée. Dessin de H. C. Escher, août 1807.



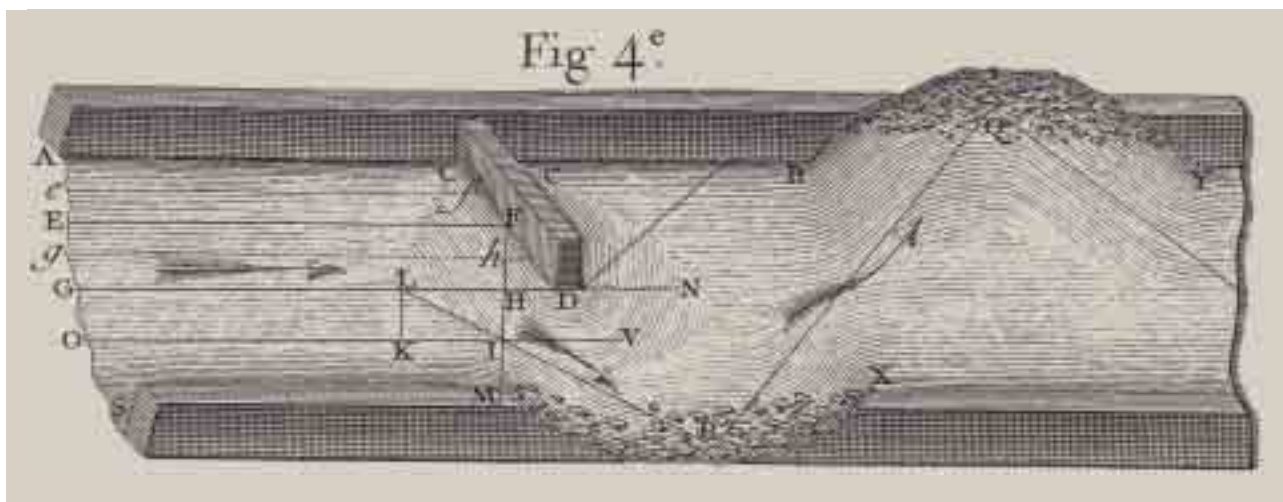


Fig. 37 Dignes offensives (Schufwuhre). Impact d'un court ouvrage transversal sur l'écoulement d'une rivière. D'après B. F. de Bélidor, 1737-1753.

qu'on peut aussi qualifier d'aménagement fluvial au sens strict (VON SALIS 1884): «En Suisse, il est désormais usuel de regrouper tous les travaux d'amélioration des cours d'eau dans deux catégories qualifiées d'aménagement et de correction, le premier comprenant les mesures visant à empêcher le charriage dans les torrents et la seconde englobant toutes les autres interventions dans les cours d'eau destinées à régulariser leur comportement dans l'intérêt public.»

Des digues offensives à la correction

Pour empêcher un cours d'eau de déborder, on peut en surélever les berges. Des digues et des murs ont été construits très tôt pour canaliser les flots. Mais ces ouvrages se contentaient souvent de protéger des localités ou des propriétés foncières isolées. Pour prévenir l'érosion des berges, on a aussi aménagé très tôt de courts ouvrages transversaux partant de la rive. C'est ainsi que les cours d'eau ont été équipés de ces constructions de mauvaise réputation qu'on nommait par exemple digues offensives ou seuils (GÖTZ 1983). Comme elles repoussaient les eaux de crue d'une rive vers l'autre, leur édification revenait à rejeter les atteintes aux berges chez le voisin! Des plaintes ont été formulées à leur sujet jusqu'à la fin du 19^e siècle. On a réalisé petit à petit que ces interventions ponctuelles n'amélioraient guère la situation. Aussi a-t-on entrepris ici ou là des actions coordonnées sur des sections de rivières ou de ruisseaux d'une certaine longueur. Elles ont d'abord consisté à élever et renforcer durablement les berges, pour aboutir à de vraies corrections, comprenant des rectifications et des détournements du tracé. Pour réaliser de tels travaux, il fallait considérer les tronçons concernés dans leur intégralité, en se basant sur des documents topographiques et

hydrologiques fiables. C'est ce qui a poussé Hans Conrad Escher à lancer l'appel suivant en 1810 (section 11.3): «Soit on laisse libre cours aux fleuves, soit, si l'on commence à façonner leurs berges, on doit le faire en ayant une vue exhaustive de la situation et en recourant à l'expertise la plus large» (KOCH 1826).

Travail manuel contre travail de l'eau en rivière

Corriger une rivière pour échapper à ses crues revient à la doter d'un lit stable et d'une revanche suffisante. Pour y parvenir, il faut réaménager le lit existant ou en façonner un nouveau. Avant que les chantiers ne soient mécanisés, on s'efforçait de minimiser les interventions humaines, en exploitant la capacité qu'ont les eaux de modeler leur lit.

Pour dévier une rivière ou couper une de ses boucles, on n'excavait qu'un petit chenal le long du nouveau cours. Puis on acheminait progressivement la rivière dans son futur lit et on laissait à l'érosion hydraulique le soin de l'élargir. Dès le moment où tout le courant empruntait le nouveau lit, on pouvait obturer l'ancien. Au début, on ne savait pas très bien prévoir dans quelle mesure ce genre d'intervention allait être couronné de succès. Il est arrivé que l'érosion dépasse largement les vœux des concepteurs.

La correction de la Kander de 1711 à 1714 illustre ce phénomène de manière frappante (chapitre 6). Cette rivière a été déviée dans le lac de Thoune sans qu'aucune mesure n'ait été prévue pour limiter l'érosion. Ses eaux ont rapidement agrandi la galerie de dérivation excavée dans la colline de Strättligen, ce qui a provoqué le tassement, puis l'affaissement complet des terrains la recouvrant. Une fois ce matériel évacué, la rivière a continué de creuser son lit à tel point qu'on a vu apparaître une gorge, dont le fond a fini par se

retrouver 40 m plus bas que la galerie initiale. Il en a inévitablement résulté une érosion régressive en amont de la gorge et la formation d'un vaste delta dans le lac de Thoune (VISCHER & FANKHAUSER 1990).

Les déviations suivantes ont été exécutées avec plus de circonspection. Celle de l'Aar dans le lac de Biene par le canal de Hagneck (chapitre 10), réalisée de 1873 à 1887, témoigne bien de cette nouvelle approche. Pour réaliser les 7 km de canal à travers le Grand Marais, entre Aarberg et Hagneck, on a d'abord creusé un chenal large de 6 à 9 m à sa base. Il correspondait à l'axe du nouveau canal dans les tronçons rectilignes et suivait les futures berges internes dans les sections incurvées. Les matériaux d'excavation ont été entassés juste à côté, sur le tracé du canal. Lorsque le percement de 900 m à travers la colline du Seerücken, près de Hagneck, fut suffisamment avancé, on dévia graduellement l'Aar dans son nouveau lit au moyen d'une écluse située à Aarberg. Elle commença aussitôt à élargir le passage en érodant le chenal. Les berges internes avaient été pourvues au préalable de solides enrochements destinés à juguler l'érosion latérale. Le long des tronçons rectilignes et des berges externes, on creusa ensuite des fouilles pour protéger les rives de la même façon. Puis on construisit des digues le long du futur canal, en prévoyant un lit majeur. En procédant ainsi, on faisait en sorte que l'Aar achève elle-même son canal. Au cours des 9 premières années, elle a entraîné, outre ses propres alluvions, plus de 2 millions de m³ de

matériaux dans le lac, ce qui représente plus de 60 % du volume excavé (PETER 1922).

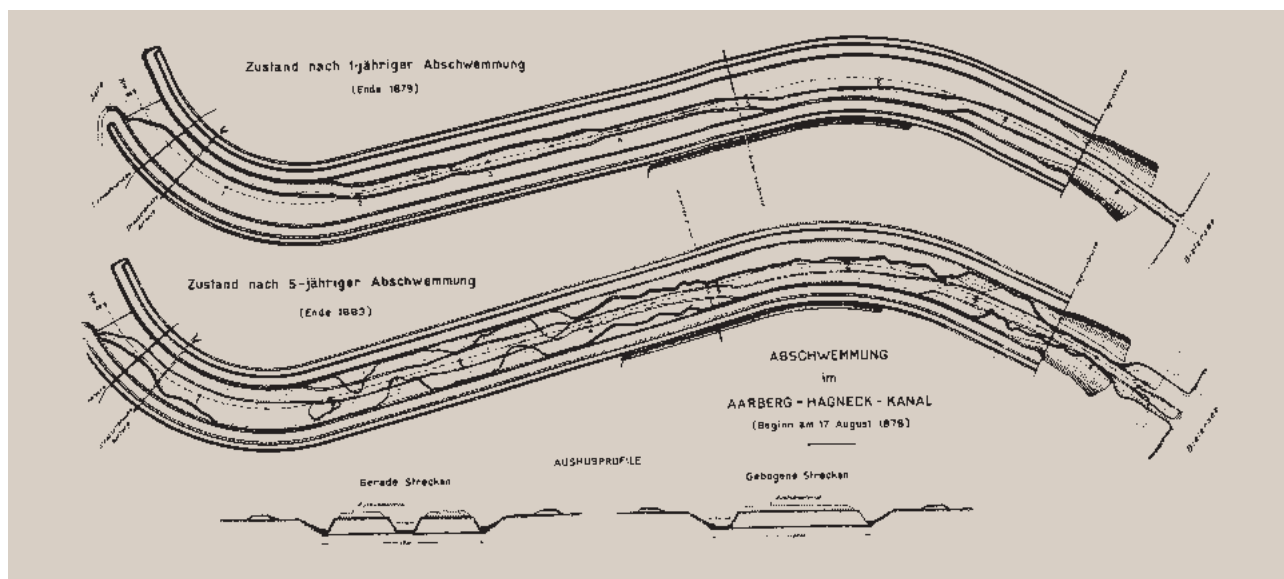
Les principes mis en exergue dans cet exemple s'appliquaient également, sous une forme adaptée, aux corrections fluviales ne nécessitant pas de nouveau tracé. Ainsi, on confiait autant que possible à la rivière le soin d'élargir et d'approfondir son lit. Si l'on escomptait l'effet contraire, un rétrécissement et un exhaussement du lit, on provoquait une diminution des forces érosives et on obtenait ainsi les atterrissements souhaités.

Chenal central et lit majeur, sens des travaux

Le canal de Hagneck était donc bordé de chaque côté par une terrasse du lit majeur. Un tel profil en travers est nommé profil double ou en double trapèze. Cette subdivision a été mise en œuvre pour la première fois en Suisse lors de la correction de la Linth de 1807 à 1816. Le canal proprement dit, appelé chenal central ou lit mineur dans le cas des rivières, a été dimensionné pour acheminer les basses et les moyennes eaux ainsi que les matériaux charriés lors des crues. Quant aux eaux de crue, elles disposaient en plus d'un lit majeur s'étendant jusqu'aux digues longitudinales. Cette disposition permettait une meilleure adaptation du profil transversal aux différents régimes d'écoulement et de charriage (PESTALOZZI 1852).

S'agissant du sens des travaux, l'aménagement des cours d'eau suivait deux règles. Un nouveau lit était entièrement creusé d'aval en amont avant d'être livré aux eaux. Ce principe s'appliquait par exemple à l'ouverture d'un canal-guide en vue de couper un méandre. En revanche, un lit préexistant était approfondi vers l'aval. Ainsi, le front du chantier se trouvait à la transition entre les écoulements tranquille et rapide.

Fig. 38 Le canal de Hagneck, partie intégrante de la correction des eaux du Jura de 1868 à 1891. Situation (largeur fortement distordue, sens de l'écoulement: de gauche à droite) et coupes transversales. Le plan précise l'excavation du canal-guide, la construction des digues longitudinales et la pose des protections des berges. Le reste du creusement a été assuré par l'action érosive de l'Aar.



En procédant d'aval en amont, on serait constamment confronté à une chute, c'est-à-dire à une transition entre écoulements rapide et lent. L'excavation risquerait alors d'être comblée en tout ou partie par les matériaux charriés produits en quantité accrue à cause de l'érosion. Comme ces règles ont souffert d'exceptions, le sens des travaux a parfois fait l'objet de débats enflammés entre spécialistes (section 11.2).

Colmatage

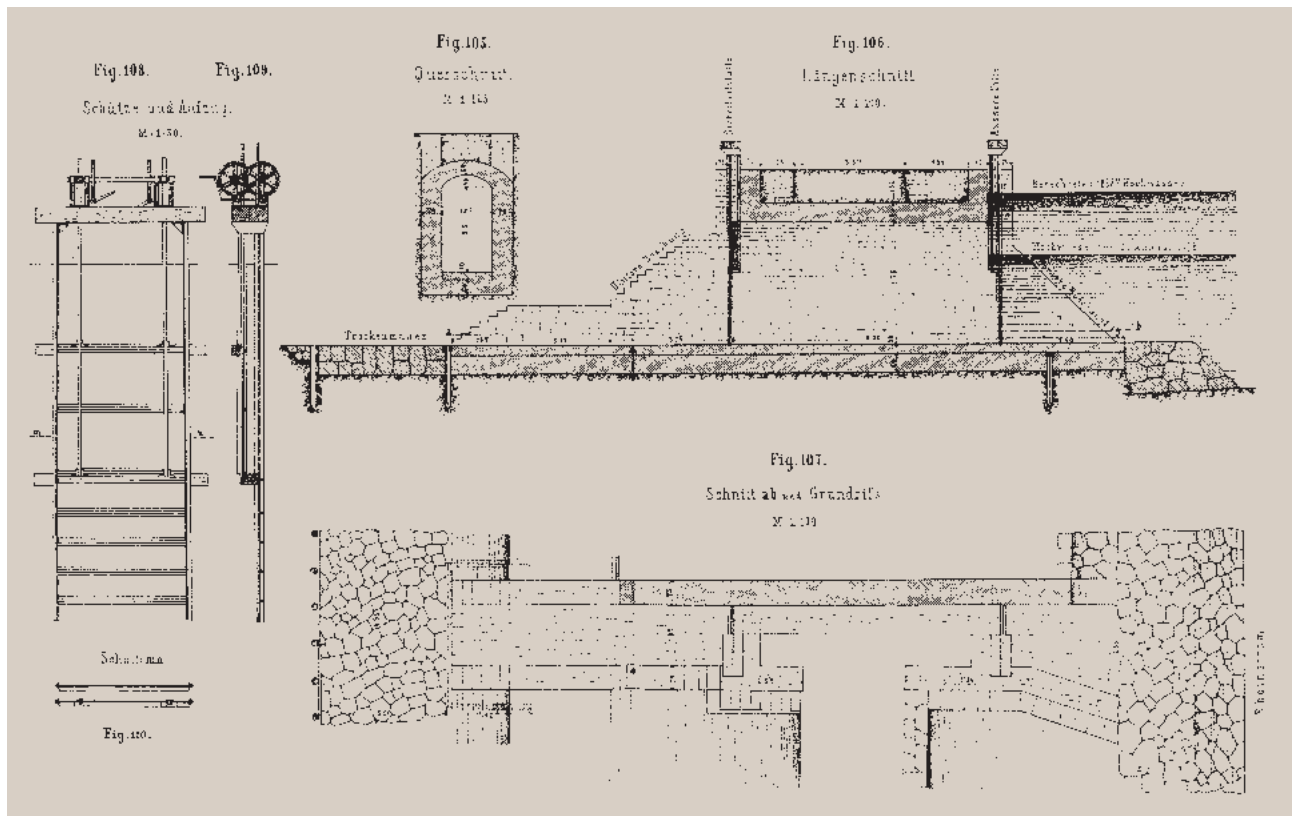
Lorsque des eaux chargées de matières en suspension débordent, ces matériaux se déposent sur les terrains où le courant est faible. Il en résulte des atterrissements et un exhaussement du sol. On nomme ce processus limonage ou colmatage. Lors d'inondations naturelles, il se déroule de façon irrégulière. Mais l'être humain peut aussi l'exploiter de manière ciblée pour rehausser des basses terres ou pour fertiliser des terrains. Cette technique d'irrigation était déjà connue dans l'Antiquité.

Une de ses premières applications à une grande échelle en Suisse eut pour cadre la correction du Rhin postérieur dans le Domleschg de 1832 à 1892. Le fleuve y fut endigué, ce qui libéra en rive gauche des terres

autrefois inondables de grande étendue mais peu fertiles. Richard La Nicca (1794–1883) y fit construire des digues transversales, puis les morcela en aires à colmater, où il achemina les eaux chargées de matériaux en suspension provenant du torrent de la Nolla. Pour cela, il réalisa un ouvrage de dérivation près de Thusis. La vanne était ouverte uniquement lorsque la Nolla charriait beaucoup de matériaux et que les aires à colmater étaient prêtes à les accueillir. Puis elles étaient drainées lentement par un réseau qui restituait l'eau au Rhin en aval.

Sont également connues les écluses de colmatage implantées par Jost Wey (1843–1908) dans les nouvelles digues du Rhin à Ragaz, Trübbach, Buchs, Haag et Salez au milieu des années 1870 (chapitre 8). Elles servaient à provoquer des atterrissements dans les secteurs situés entre ces ouvrages et les anciennes digues reculées (REIFF 1990). Les ouvertures avaient jusqu'à 2 m de largeur. Pour éviter que les ouvrages de dérivation n'affaiblissent les digues, ils étaient solidement construits: fondation soigneusement exécutée, lourde maçonnerie, vanne levante à double fermeture, protection avancée contre les débris flottants et les morceaux de glace à l'aide d'une poutre flottante (WEY 1875, FRAISSE 1875).

Fig. 39 Correction du Rhin de 1861 à 1890, dans le canton de St-Gall. Ecluse de colmatage dans la digue de protection contre les crues de Buchs. D'après Th. Nosek, 1881.



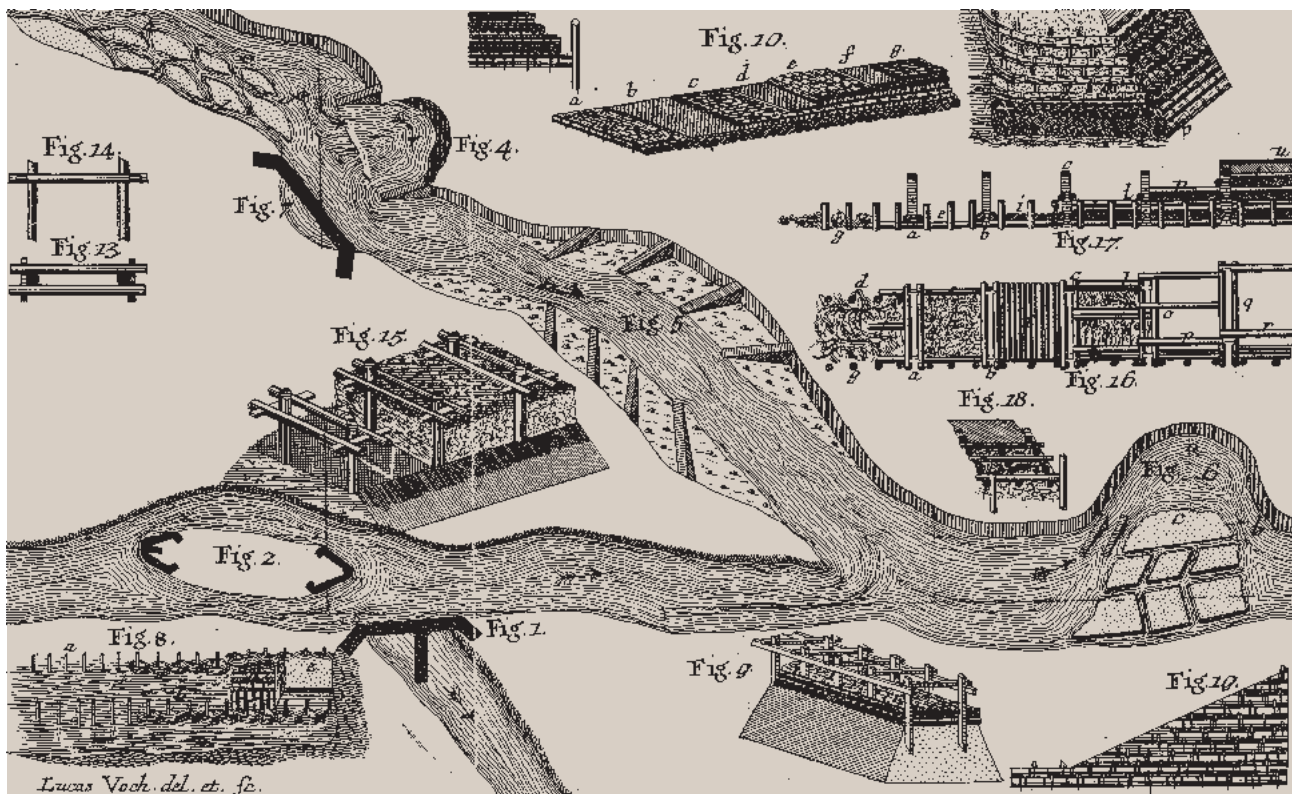


Fig. 40 Instructions pour la construction d'ouvrages transversaux et longitudinaux d'aménagement fluvial. D'après L. Voch, 1767.

Particularités de la correction des torrents

La correction des torrents consiste notamment à diminuer la production de matériaux susceptibles d'être charriés. Cela exige des ouvrages aptes à stabiliser le lit et les berges afin de prévenir ou du moins d'atténuer l'érosion verticale et latérale. Mais il faut aussi enrayer les sources de matériaux dans les versants. Lorsque les mesures prises ont trait à l'hydraulique, on parle de correction des torrents, alors que les constructions font partie de l'aménagement des torrents. La limite avec les ouvrages de stabilisation des versants est floue. Au-dessous de la limite des forêts, on peut bien sûr stabiliser certaines sources de matériaux en procédant à un reboisement, mais cette technique ne figure pas au chapitre de la correction des torrents.

Lorsqu'on corrige un torrent, on peut aussi laisser une part du travail à ses eaux. Il ne s'agit évidemment pas de faciliter l'érosion, mais de réaliser des atterrissements volontaires. Au 19^e siècle, on procédait volontiers ainsi: un barrage est construit à l'extrémité inférieure d'un tronçon soumis à l'érosion, puis on laisse les matériaux charriés remplir progressivement le bassin formé derrière lui. Le lit du torrent est rehaussé jusqu'à la hauteur du barrage. Une fois le comblement achevé, on construit le barrage suivant au début du

nouveau lit, et ainsi de suite. On obtient ainsi une succession de barrages construits d'aval en amont et un exhaussement du lit du torrent. Au terme de l'opération, un volume important de matériaux est piégé, le pied du versant est stabilisé et la pente de l'écoulement réduite.

Pour justifier ce procédé au plan théorique, il a fallu attendre l'avènement des théories sur le charriage au 20^e siècle, notamment dû aux travaux de Robert Müller (1908–1987). Mais Joseph Duile le préconisait déjà en 1826 (DUILE 1826) et Adolf von Salis en avait pratiquement fait une norme en 1884 (VON SALIS 1884): «Où ... les (barrages) supérieurs s'appuient sur les (barrages) inférieurs de telle façon que l'appui (fondation) des premiers est garanti par les seconds, l'exécution (des barrages) doit évidemment progresser de bas en haut.»

4.2 Éléments et matériaux de construction

Ouvrages longitudinaux et transversaux

Les éléments de construction les plus typiques de l'aménagement fluvial sont les ouvrages longitudinaux

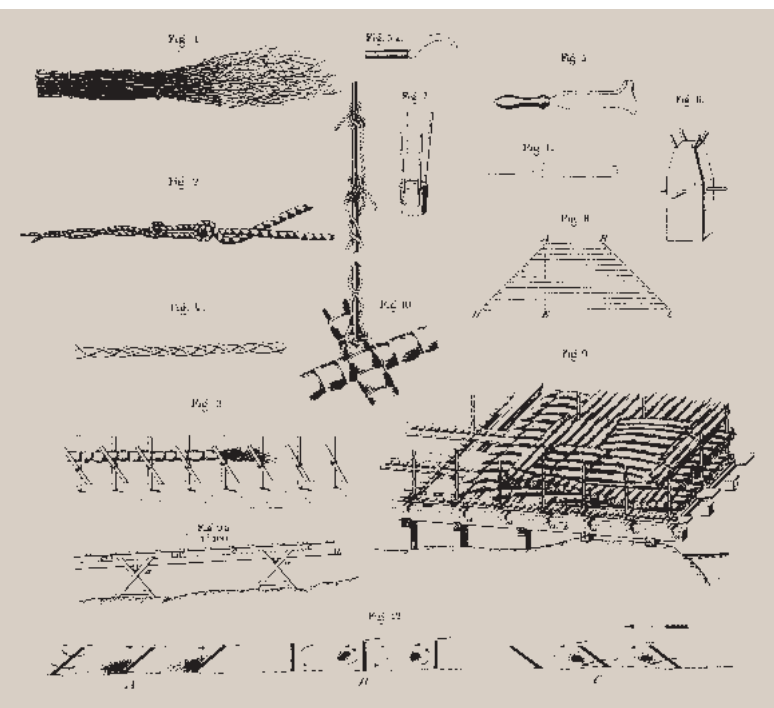
et les ouvrages transversaux. Ce sont des murs ou des digues conçus pour infléchir le courant.

Pour protéger le fond d'une rivière contre l'érosion ou pour en provoquer l'exhaussement, on place un ouvrage transversal qui court d'une berge à l'autre. Il agit un peu à la manière d'un pas de porte que la rivière doit franchir, c'est pourquoi il a été nommé seuil (VISCHER 1994b). Les réalisations élevées sont aussi nommées ouvrages de chute ou barrages.

Pour protéger une berge contre l'érosion, on peut la recouvrir de matériaux résistants ou la transformer en ouvrage longitudinal. Comme le second procédé est similaire à la construction d'un ouvrage transversal d'une certaine hauteur, l'ouvrage longitudinal est également nommé seuil.

Une autre manière de protéger les berges consiste à implanter de courts ouvrages transversaux qui s'avancent dans le courant à partir de la berge. Mais ils produisent des effets secondaires. Nous avons déjà signalé l'incidence des digues offensives isolées sur la rive opposée. Une forme particulière d'ouvrages transversaux consiste en séries d'éperons ou d'épis généralement submergés par les hautes eaux. Lorsqu'ils sont aménagés sur une seule berge, ils la protègent effectivement, mais au prix de sollicitations accrues sur la rive opposée. Si celle-ci s'érode, le lit de la rivière se décale d'autant. Mais si les deux berges sont équipées de tels dispositifs, ils rétrécissent le lit, ce qui favorise l'érosion du fond et par conséquent l'approfondisse-

Fig. 41 Confection de fascines. Nattes de fascines et épis. D'après R. Scheck, 1885.



ment du chenal. Ces deux phénomènes sont exploités dans l'aménagement des cours d'eau.

Les compartiments situés entre les épis – plus longs que les éperons – revêtent une importance particulière. Ils se remplissent petit à petit de sédiments, formant ainsi de nouveaux terrains. En dotant les deux berges d'une rivière de séries d'épis, on peut lui imposer un profil double avec ses terrasses caractéristiques. Les ouvrages longitudinaux et transversaux sont aussi utilisés pour infléchir la direction du courant, notamment lors d'une coupure de méandre ou vers un nouveau chenal.

Saules, sapins, gravier et blocs

Avant l'avènement de la propulsion à vapeur et du train, les transports sur terre à grande distance coûtaient beaucoup de temps et d'argent. C'est pourquoi l'aménagement des rivières recourait surtout à des matériaux qu'on pouvait trouver et travailler sur place, tels que saules, troncs massifs, gravier et blocs. On en faisait des ouvrages transversaux, longitudinaux et de stabilisation des berges. Cette époque a vu se développer des constructions mixtes typiques en bois et en pierre, qui empêchaient notamment que le bois ne soit emporté par le courant.

Naguère, on confectionnait couramment des clayonnages avec des alignements de piquets et des branches de saule entrelacées. Ils formaient en quelque sorte le pendant fluvial des palissades militaires. En comblant plusieurs rangées de clayonnages avec du gravier, on obtenait des éléments assez stables. Plus lourds et plus résistants, les caissons en bois se composaient de coffres en bois fabriqués avec des troncs coupés à la longueur voulue puis remplis de gravier et de pierres, ce qui assurait une meilleure rigidité à l'ensemble. Bien que la technique des fascines soit apparue dans les manuels au début du 18^e siècle, elle n'a été appliquée à grande échelle en Suisse que lors de la correction de la Linth de 1807 à 1816. Deux poseurs de fascines expérimentés, venant du Grand-Duché de Bade, y enseignèrent leur art aux ouvriers de la région (PESTALOZZI 1852). Les Bernois, Bâlois et Thurgoviens envoyèrent aussitôt quelques ouvriers pour se familiariser avec cette technique (KOCH 1826, GOLDBERGER 1984, LINTH-ESCHER-GESELLSCHAFT 2000).

Les fascines sont de longues bottes de baguettes souples, provenant généralement de jeunes saules. Elles peuvent servir de matériaux de construction à des fins très variées. Juxtaposées et bien ancrées, elles forment des nattes qui ont un effet stabilisateur sur les berges et le fond du lit. On peut aussi recouvrir ces nattes de gravier, puis enrouler le tout. Ainsi, on obtient des sortes de «surfascines» avec un cœur de

gravier, qu'on nomme fascines à noyau ou en boudins lestés. Elles servent notamment à renforcer un pied de talus ou, en emplacements, à fabriquer des épis (VISCHER 1988b).

Les clayonnages et les fascines sont composés de saules, qui sont en mesure de bourgeonner. Ils comptent parmi les éléments essentiels de la stabilisation dite végétale. Des plantations de saules furent créées là où les peuplements naturels étaient insuffisants. Un plan établi en 1836 par le géomètre bâlois Friedrich Baader (1802–1867) pour la modeste correction de la Wiese donne une idée des quantités de matériaux nécessaires (GOLDER 1991). Son estimation était la suivante (ramenée à un km courant):

9500	fascines
24	cordes de piquets (100 m ³)
6	cordes de pierres de taille (25 m ³)
280	cordes de gravier (1150 m ³)
1500	bottes de branches de saule pour le tressage.

Par contre, les caissons en bois ne contiennent que du bois mort, sous la forme de troncs d'arbres abattus et calibrés. Pour les renouveler, on plantait souvent de petites sapinières. Cela explique pourquoi les forêts de certaines zones alluviales sont parsemées aujourd'hui encore de groupes de sapins allochtones.

La fabrication et l'entretien des caissons en bois représentaient un lourd travail. Aussi a-t-on cherché une autre solution, en particulier pour les interventions de grande ampleur. On l'a trouvée sous la forme d'enrochements, réguliers ou irréguliers (pavage à sec). Pour les réaliser, il fallait extraire des blocs et les acheminer sur le chantier. Ce procédé a déjà été utilisé lors de la correction de la Linth pour stabiliser les berges et le fond du lit mineur du canal de Mollis (aujourd'hui canal Escher). Les blocs ont été récupérés dans un éboulis au pied du Walenberg ou amenés avec des charrettes depuis une carrière située sur le flanc opposé. Lors de la correction du Rhin postérieur de 1832 à 1892, ce type de construction fut à l'origine de la première voie ferrée à l'air libre de Suisse. Il s'agissait d'une courte voie de service que Richard La Nicca (1794–1883) utilisa dès 1832 pour acheminer des blocs d'une carrière proche de Rodels jusqu'à la berge. Mus par la force musculaire, les wagonnets allaient un par un. Les premiers vrais trains de chantier, tractés par de petites locomotives à vapeur, sont apparus lors de la correction des eaux du Jura de 1868 à 1891, où il fallut transporter d'énormes quantités de blocs.

La formule des caissons en bois a perduré en particulier dans l'aménagement des torrents. Dans les travaux fluviaux, elle a généralement été supplantée par un

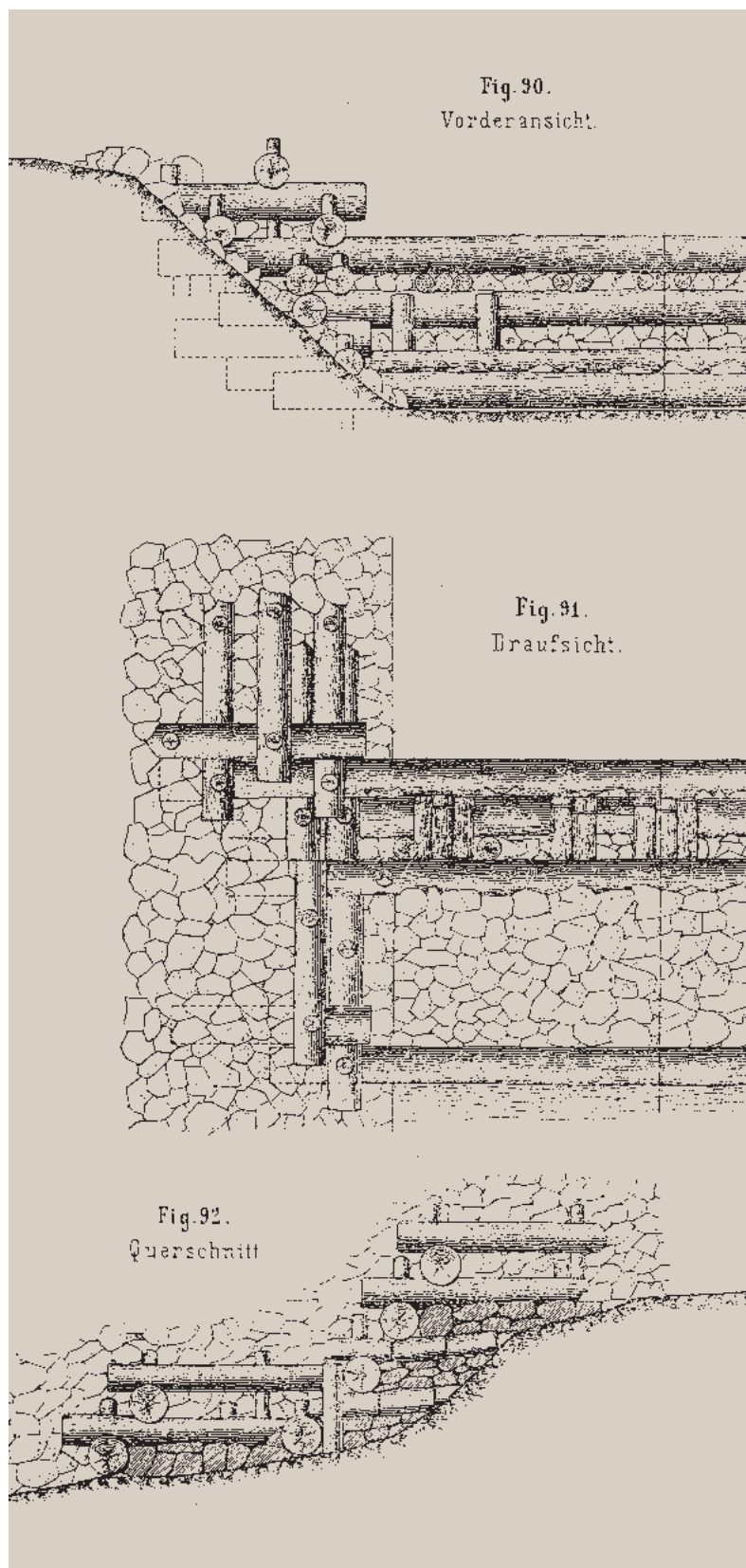


Fig. 42 Barrage réalisé avec des caissons en bois dans un ravin proche de Zizers. D'après Th. Nosek, 1881.

mode de construction mixte sophistiqué à base de fascines, de gravier et de blocs. Dans certains cas, telle la correction du Rhône dès 1862, les blocs étaient taillés et juxtaposés pour former une maçonnerie. Les surfaces d'ouvrages visibles ou exposées au courant étaient notamment réalisées en maçonnerie, c'est-à-dire pavées. Les courts épis arrondis ainsi revêtus reçurent le nom de tortues, car ils rappelaient la carapace de ces animaux. A la fin du 19^e siècle, la maçonnerie fit son apparition dans l'aménagement des torrents et permit de construire des barrages de grande taille. Les procédés de construction et les modes opératoires étaient si variés qu'Adolf von Salis fit cette constatation en 1884: «Ici, c'est un mode de construction qui s'est imposé, là, un autre. Et bien qu'ils divergent notablement, chacun reste fermement attaché à son procédé en étant convaincu qu'il est le meilleur» (GÖTZ 1983).

4.3 Les moyens

Outils et machines

A l'origine, l'outillage disponible pour les travaux de protection contre les crues était rudimentaire. Il comprenait des outils manuels tels que pelles, bêches, pioches, dames à bras et outils forestiers. Pour le

transport, on utilisait des corbeilles, brancards, brouettes, charrettes ou traîneaux à bras, charrettes à bœufs ou à chevaux, ou encore des bateaux et des radeaux lorsqu'un cours d'eau le permettait. Pour soulever de lourdes charges, on se servait de chèvres à trois pieds équipées de palans et de tenailles preneuses. A l'origine, les rivières étaient surtout aménagées à la main. Il en fut ainsi pour les corrections de la Kander (1711–1714) et de la Linth (1807–1816). Mais le mode manuel est peu efficace en eau profonde. Il est par exemple très difficile de creuser dans une rivière dont l'eau a une profondeur supérieure à 1 m ou une vitesse de plus de 1 m/s. C'est donc par nécessité qu'on a mis en œuvre les procédés visant à exploiter la force érosive de l'eau. Le fond du lit était ameubli périodiquement pour favoriser l'érosion. On utilisait à cet effet des charrues, des herses ou des rames dont la pelle était garnie de ferrures.

Ce n'est donc pas par hasard si les premières machines propres à l'aménagement des cours d'eau ont été construites pour creuser en eau profonde. L'une des premières mentions de tels engins en Suisse fait état d'un «bateau mécanique» engagé par Benjamin Anthoni Tillier (1709–1759) sur la Thielle et l'Aar de 1750 à 1754. Des plans du milieu du 19^e siècle, probablement dessinés par l'ingénieur cantonal fribourgeois Joseph de Raemy (1800–1873), fournissent une repré-

Fig. 43 Outils manuels. «Outils et instruments pour les travaux hydrauliques» et «outillage pour évacuer les déblais». D'après J. Leupold, 1724.

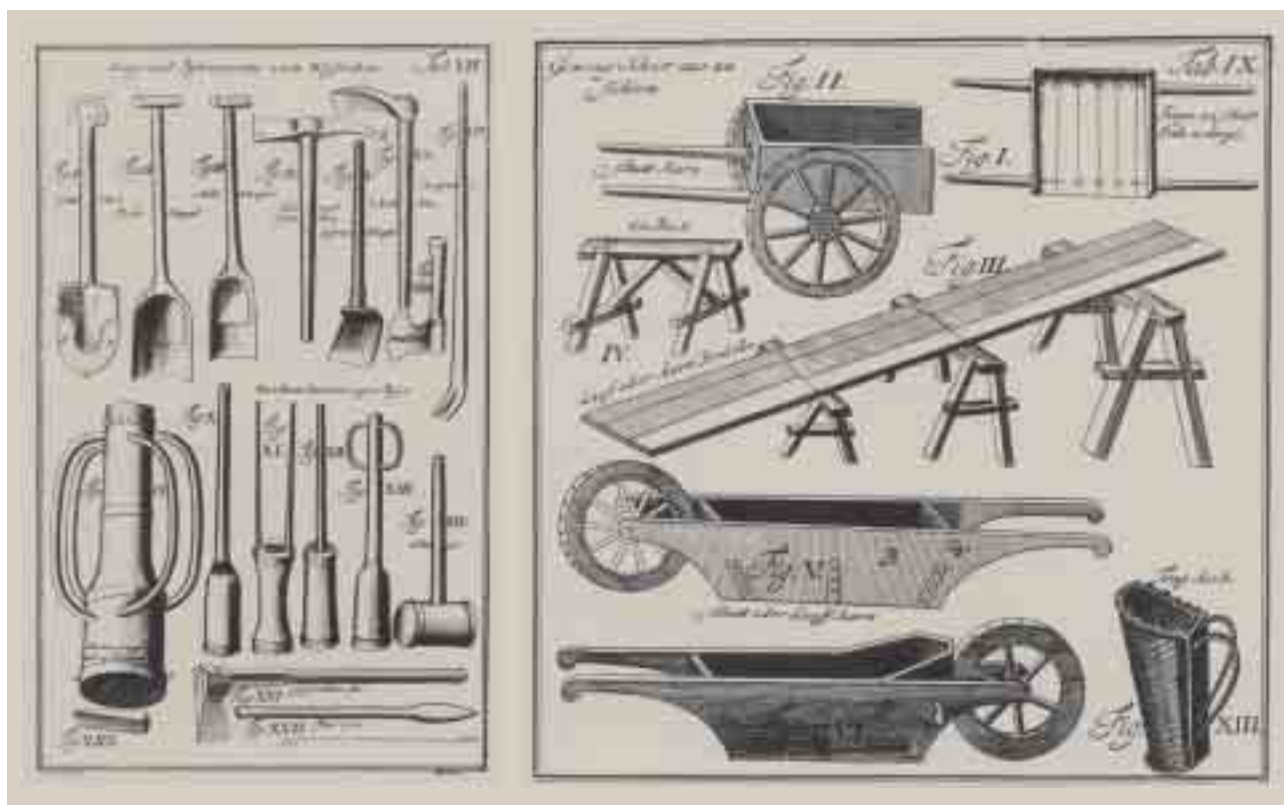




Fig. 44 Engins pour ameublir le fond du lit afin que le sable puisse être entraîné par le courant. Dessin d'après J. Leupold, 1724.

sensation concrète de ce genre de machine. On y voit une drague à godets mue par un manège situé sur le pont avant et prévu pour deux bêtes de somme, tandis que le pont arrière comprend une étable. On ignore toutefois si ces plans devaient servir de base à une commande ou s'ils représentent la drague qui a travaillé dans la Broye en 1835 et 1836, puis dans d'autres cours d'eau (SCHÖPFER 2001).

Cependant, l'engagement de telles machines est resté limité à quelques cas. D'une part, les dragues à godets ne pouvaient travailler que dans des eaux relativement profondes et calmes, si bien qu'elles se prêtaient uniquement au travail dans les lacs et les grandes rivières tranquilles, mais pas dans les torrents. D'autre part, elles étaient peu efficaces et très fragiles, à cause des manèges et des roues à treuil qui les équipaient. La première véritable percée en la matière a résulté du passage à la force motrice de la vapeur. Mais elle a d'abord été appliquée dans les fabriques en Suisse. Elle a fait son entrée dans la navigation lacustre au cours des années 1820 et dans les chemins de fer vers la fin des années 1840. Il a fallu attendre la correction des eaux du Jura de 1868 à 1891 pour qu'elle soit introduite dans l'aménagement des cours d'eau.

Début de la mécanisation à l'époque de la vapeur

C'est apparemment la construction du canal de Suez, de 1859 à 1869, qui a marqué le tournant vers la mécanisation de certains travaux d'aménagement hydraulique. On y avait entamé les travaux à la main, avant de rester bloqué. Puis on a surmonté le problème des volumes à déplacer en engageant un imposant parc de machines. Il en a résulté de nouvelles références au

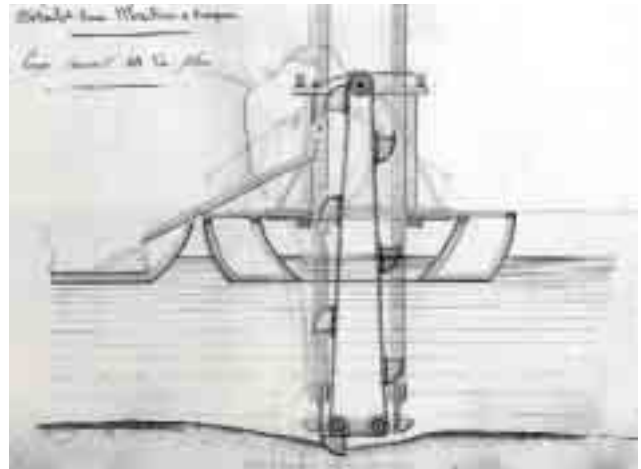


Fig. 45 Drague à godets mue par un manège entraîné par des animaux, avec un bateau à déblais arrimé, sur la Broye, en 1835–1836.

plan mondial, qui se sont notamment traduites par les installations destinées au creusement du canal Nidau-Büren, commencé en 1869. La responsabilité en incombait à Gustave Bridel (1827–1884), un ingénieur originaire de Bienne et formé en France. Les documents font état de 4 dragues, 2 grues et 2 petites locomotives à vapeur, de 60 wagonnets, 4 km de voies, 4 bateaux de transport à fond ouvrant et 16 à 20 barques en bois, en plus des nombreuses bennes basculantes (PETER 1922). Les machines, les locomotives et les rails provenaient de l'entreprise française qui avait équipé le chantier de Suez. Les groupes de propulsion des bateaux de transport ont été fabriqués par Escher Wyss à Zurich, tandis que les coques des bateaux ont

Fig. 46 Drague à godets actionnée à la vapeur, avec un bateau de transport à fond ouvrant arrimé, dans le canal navigable d'Interlaken, vers 1900 (repris en 1891 dans le parc d'engins de la correction des eaux du Jura).





Fig. 47 Un certain degré de mécanisation n'exclut pas de gros travaux à la force des bras. Creusement de la coupure de Fussach, de 1895 à 1900.

été exécutées dans les ateliers de Nidau propres au chantier. Le reste du matériel a été acquis auprès de diverses firmes suisses ou produit par les ateliers de Nidau (VISCHER & RAEMY 2001).

Les chantiers ouverts en 1875 sur le canal de la Broye puis sur le canal de la Thielle ont aussi été mécanisés, sous la direction de l'ingénieur neuchâtelois Henri Ladame (1838–1926). Une partie du parc d'engins a été reprise du chantier du canal Nidau-Büren, tandis que d'autres machines ont été achetées à neuf, dont 5 petits remorqueurs à vapeur auprès d'Escher Wyss et une petite drague à vapeur.

Il est intéressant d'établir à quoi servaient les différents engins. Les dragues, à godets, exécutaient les travaux d'excavation subaquatiques. Sur la berge, les grues transféraient les bennes basculantes pour les vider dans les wagonnets et les bateaux. Ces différents moyens de transport servaient à l'évacuation des déblais aussi bien qu'à l'acheminement des blocs. Les wagonnets étaient tractés par des chevaux ou des locomotives, voire encore déplacés à la force des bras pour de petits trajets.

L'excavation au-dessus du plan d'eau se faisait encore manuellement, à l'aide de pelles, pioches, charrettes à bras, etc. C'est pourquoi le creusement du canal de

Hagneck, à partir de 1874, a été réalisé à la main jusqu'à ce qu'on laisse à l'Aar le soin d'achever son nouveau lit. De tels travaux, notamment l'excavation d'un million de m³ de molasse dans la coupure de Hagneck, exigeaient des efforts considérables. Mais là également, les déblais ont été évacués et les blocs acheminés par un train de chantier.

Dans les autres corrections fluviales entreprises à la fin du 19^e siècle, une partie des déblais a aussi été évacuée par des trains de chantier. Mais les grues, dragues et bateaux à vapeur y étaient plutôt rares. Les premiers travaux de la régularisation internationale du Rhin offrent un exemple de mécanisation relativement importante. Le parc d'engins suivant a été constitué pour réaliser la coupure de Fussach de 1895 à 1900: le transport des blocs, du gravier et autres matériaux meubles était assuré par 60 km de voies, 13 locomotives, 450 grands wagonnets (écartement 75 cm) et 230 wagonnets à benne basculante (écartement 50 cm). La ligne de 15 km menant aux carrières voisines de Hohenems revêtait une grande importance. Il y avait aussi des bateaux de transport en bois et en acier, dont certains étaient automoteurs. Des grues à vapeur étaient chargées du transbordement. Pour réaliser les travaux d'excavation, deux dragues à godets ont été

achetées en Allemagne et un excavateur à godets sur rails aux Pays-Bas. Un atelier bien équipé de Lustenau a fabriqué les accessoires nécessaires ainsi que quelques dames à vapeur. Il s'occupait également de l'entretien des machines. L'ingénieur en chef était le responsable autrichien de l'entreprise de correction du Rhin Philipp Krapf (1854–1939). Originaire de Brixen (Bressanone), il s'était formé en Allemagne. Pour être en mesure d'utiliser judicieusement les excavateurs, dragues et autres engins, il a d'abord visité les chantiers du canal de Kiel entre la mer du Nord et la mer Baltique, réalisé entre 1887 et 1895. Mais malgré toutes ces machines, la part du travail à la force des bras fut encore considérable lors de la coupure de Fussach (BERGMEISTER & LEIPOLD-SCHNEIDER 2000).

Technique des explosifs

En Europe, la technique des explosifs est apparue dans l'extraction minière aux alentours de 1620. Il n'est donc pas surprenant qu'on se soit assuré le concours de mineurs spécialisés pour réaliser la déviation de la Kander de 1711 à 1714. Des documents signalent qu'un mineur et quatre aides venant des mines de plomb et d'argent de Trachsellauen près de Stechelberg ont procédé aux minages requis (VISCHER & FANKHAUSER 1990).

Les techniques d'abattage dans les carrières ont suivi une évolution parallèle. Lors de la réalisation du canal de Mollis, de 1807 à 1811, on s'est servi de poudre noire, déjà utilisée en routine, pour obtenir les blocs nécessaires à la stabilisation des berges et du lit. En revanche, les minages subaquatiques réalisés sur le tracé du canal de la Linth, construit de 1807 à 1816, n'étaient pas aussi simples à exécuter. Aux alentours de Ziegelbrücke, il a fallu extraire des bancs de poulingue jusqu'à une profondeur de 3,5 m. Un procédé particulier a été mis au point pour maintenir la poudre explosive au sec. Le rapport de construction le décrit comme suit: «Dans le trou foré dans la roche qu'on voulait miner, on introduisait un tuyau en bois dont l'autre extrémité sortait de l'eau. Puis on aspirait l'eau qui s'y était introduite par un canon de fusil glissé dans le trou de forage... Ensuite, on y versait la poudre, dans laquelle on avait introduit un roseau évidé contenant l'étoupille (mèche) et enfin, on remplissait l'espace restant dans le trou de forage et les tuyaux avec du sable meuble» (VISCHER 1986).

Quant aux minages exécutés sur la coupure de Hagneck, lors de la correction des eaux du Jura de 1868 à 1891, ils ne font l'objet d'aucune observation particulière. Dans ce cas, il s'agissait d'abattre les niveaux de grès compact dans une alternance de marnes et de grès.

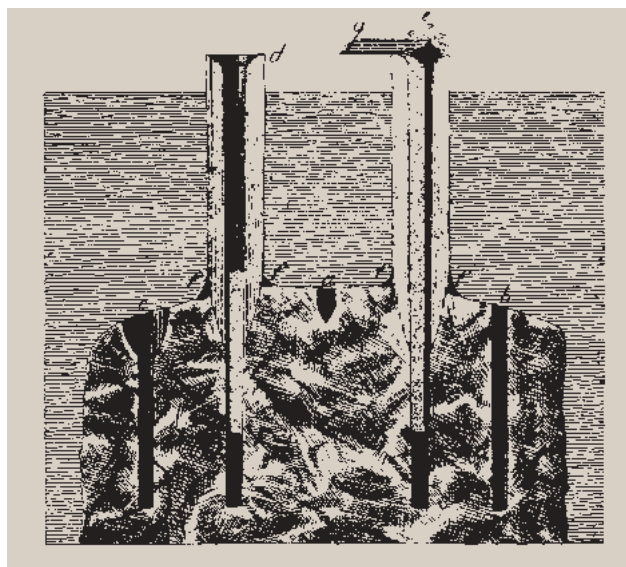


Fig. 48 Minage dans le lit d'un cours d'eau. Agencement de l'explosif et du système d'allumage. D'après D. Gilly et J. A. Eytelwein, 1802.



Fig. 49 Vue du Renggloch vers le nord, soit dans le sens de l'écoulement. Dessin de B. A. Dunker, gravure de F. Alix, 1780. «... ce Rocher a été percé pour détourner un Torrent...»

5 Premières interventions ciblées sur les cours d'eau

5.1 Protections locales à l'époque des Helvètes et des Romains

A l'époque des Helvètes et des Romains, le territoire de la Suisse actuelle ne comprenait que quelques centaines de milliers d'habitants. Une population aussi clairsemée n'avait guère besoin d'ouvrages de protection de grande ampleur contre les crues. Mais comme ces peuples établissaient des stations littorales et construisaient des débarcadères et des ponts, ils devaient au moins renforcer localement les rives.

On suppose que les Helvètes réalisaient à cet effet des ouvrages à base de caissons en bois similaires à leurs remparts militaires – que César nomma «*murus gallicus*» (mur gaulois) en 52 av. J.-C. C'est pourquoi on ne devrait plus guère en trouver de traces à l'heure actuelle. Il en va autrement des Romains, qui utilisaient volontiers de la maçonnerie jointoyée au mortier pour leurs constructions permanentes, laissant ainsi des vestiges beaucoup plus durables. Quelques ouvrages romains de stabilisation des rives ont été préservés jusqu'à nos jours (SCHNITZER 1992).

La galerie de 670 m qui traversait la crête molassique voisine de Hagneck, sur la rive sud du lac de Biene, est également d'origine romaine. Elle a été découverte – et détruite – lors de la construction du canal de Hagneck, dans le cadre de la correction des eaux du Jura de 1868 à 1891. D'après sa déclivité, elle acheminait des eaux du Grand Marais vers le lac, mais sa fonction exacte reste une énigme. On présume qu'elle permettait d'assainir la route militaire qui traversait le Grand Marais. Elle aurait alors servi à évacuer les eaux pluviales et à drainer une montée de la nappe phréatique, mais pas à faire transiter les crues d'une Aar qui débordait occasionnellement. La section de la galerie n'y aurait pas suffi. Il ne s'agissait donc certainement pas d'une galerie d'évacuation de crues (VISCHER 1991).

5.2 La déviation de la Lüttschine, une légende?

Au Moyen Age, qui s'étend des années 500 à 1500, la population atteignit 800'000 âmes dans le périmètre de la Suisse actuelle (HÖPFLINGER 1986). L'habitat étant toujours dispersé, les mesures de protection contre les crues pouvaient encore se limiter à stabiliser les rives aux alentours des localités, des débarcadères et des ponts. On ne sait pas grand-chose au sujet de ces ouvrages. Mais il est possible que la technique des digues offensives décrite au chapitre 4 ait son origine au Moyen Age.

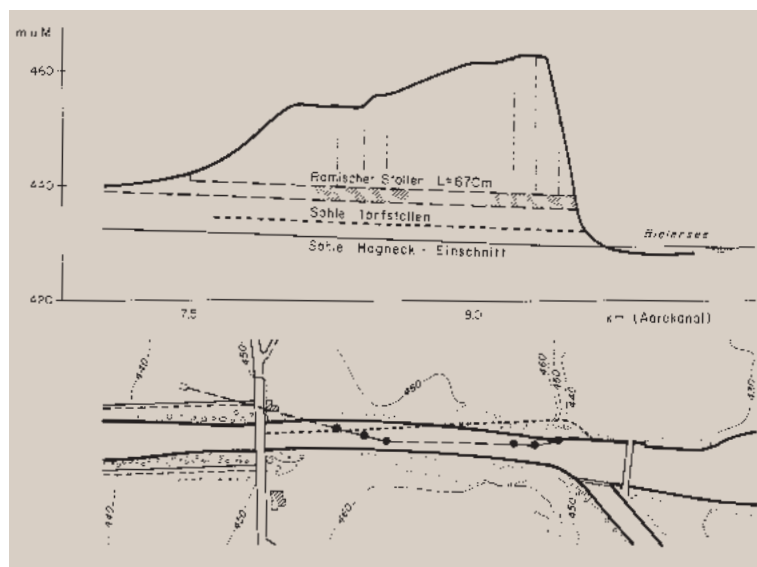


Fig. 50 La galerie romaine de Hagneck en profil et en plan, avec les six puits de construction retrouvés.

La déviation de la Lüttschine, qui aurait été réalisée au 12^e ou au 13^e siècle, revêtait un caractère exemplaire. Si l'on en croit la littérature régionale, les braves moines d'Interlaken ont entrepris de protéger leur couvent contre la Lüttschine qui rugissait devant ses portes et fini par la dévier de Wilderswil à Bönigen, dans le lac de Brienz. Ils auraient dû creuser un canal de près de 4 km pour parvenir à leurs fins. Or les chroniques (GEISER 1914) nous apprennent que le couvent d'Interlaken a été fondé en 1133 et qu'il s'est adressé en 1272 aux seigneurs d'Unspunnen pour leur demander l'autorisation de capter de l'eau dans la Lüttschine à Wilderswil afin de l'amener au couvent. Dans les cartes ultérieures, le canal construit à cet effet est dénommé «*Spüllbach*» ou «*Schiessbach*», ce qui témoigne d'une fonction usuelle d'approvisionnement et d'évacuation. Lorsque le couvent a été fondé, la Lüttschine coulait donc à bonne distance pour se jeter dans le lac de Brienz à Bönigen, et non sous ses murs pour se jeter dans l'Aar, comme le veut la tradition. Par conséquent, soit la Lüttschine a été déviée plus tôt, ce qui est peu probable, soit elle ne l'a jamais été.

En réalité, il est probable que la Lüttschine empruntait jadis plusieurs chenaux à travers le «*Bödeli*», pour se jeter en partie dans l'Aar et en partie dans le lac de Brienz. Les riverains se seraient efforcés de donner petit à petit la préférence au bras qui menait à Bönigen. Ils y seraient parvenus, mais sans pouvoir empêcher tout débordement en direction d'Interlaken. Vue sous cet angle, la déviation de la Lüttschine correspond à une réalité historique. Mais si on y voit le résultat d'un aménagement fluvial planifié par les moines et réalisé dans un bref laps de temps, on cultive une légende (VISCHER 1989b).

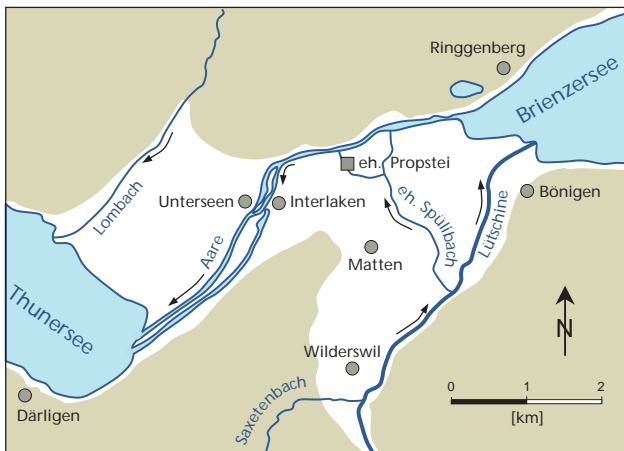


Fig. 51 Situation de la Lütschine actuelle et de l'ancien Spülbach sur le «Bödéli» d'Interlaken.

En tout état de cause, cette légende a joué un rôle majeur dans la correction de la Linth. Le célèbre «Appel à la nation suisse pour sauver les habitants des rives du lac de Walenstadt et de la vallée inférieure de la Linth» de 1807, cosigné par Hans Conrad Escher (1767–1823), comprend le passage suivant: «Est-il encore possible ... d'enrayer la progression de ce terrible fléau, voire de l'éliminer? – Oui, les deux sont encore possibles, si l'on achemine la Linth de Glaris et son charriage dans le lac de Walenstadt comme on a détourné autrefois la Lütschine dans le lac de Brienz et plus tard la Kander dans le lac de Thoune...» (LINTH-ESCHER-GESELLSCHAFT 1993).

5.3 Travaux réels et légendaires dans le Renggloch aux 13^e, 16^e et 18^e siècles

Le Renggbach, dont la longueur n'excède pas 7 km, s'écoule sur le flanc nord du Pilate pour se jeter dans la Petite-Emme en amont de Littau. Traversant une crête de grès dans une gorge étroite nommée Renggloch, il a généré un cône de déjection en amont et un autre en aval de cette entaille. Autrefois, il charriait de telles quantités de matériaux lors de ses crues qu'il débordait parfois vers l'est à hauteur du cône de déjection supérieur. Joignant ses eaux à celles du torrentueux Krienbach, il se jetait avec lui dans la Reuss à Lucerne. Il épandait alors ses eaux et ses alluvions non seulement dans Kriens, mais également dans la partie de Lucerne située en rive gauche de la Reuss, nommée «Neustadt». La première mention documentée d'un tel débordement date de 1333. Quelque 4 cas sont attestés au 15^e siècle, 14 au 16^e et encore 5 au 17^e. Les derniers débordements se sont produits en 1723 et 1738

(ROESLI 1965). Une plaque commémorative apposée contre l'ancien Hôpital des Bourgeois de Lucerne, aujourd'hui occupé par un poste de police, rappelle que l'eau est montée jusqu'à 1,6 m au-dessus de ce trottoir en 1738 (ULMI & BERTSCHMANN 1977). Il n'est donc pas étonnant que le Renggbach ait gravement menacé Lucerne pendant plusieurs siècles, suscitant sans cesse de nouvelles mesures de défense. Le chroniqueur lucernois Diepold Schilling (env. 1460–1515) écrit ces mots dans sa description imagée de l'événement de 1475: «Ce ruisseau occasionne chaque année de grands soucis à ces Messieurs de Lucerne, afin de le remettre à sa place de telle façon qu'il ne porte plus atteinte aux vies et aux biens» (ROESLI 1965). Cela montre que des aménagements ont été réalisés à maintes reprises, déjà au cours du 15^e siècle – certainement dans le cours inférieur du Krienbach et probablement aussi dans le Renggbach, là où il quittait son lit en amont du Renggloch.

Une légende propose une autre version: jadis, le Renggbach rejoignait le Krienbach pour s'écouler vers Lucerne. Or la comtesse Gutta von Rothenburg fonda le couvent des franciscaines en 1233 dans la «Neustadt». Pour le protéger contre l'impétuosité du Renggbach, elle fit creuser un passage à travers le Renggloch, sur le conseil du saint patron du couvent. Ainsi, le Renggloch serait un chenal artificiel d'évacuation de crues. Jusqu'à la fin du 19^e siècle, et même plus tard, on croyait effectivement que le Renggloch était une œuvre humaine (p. ex. STIRNIMANN 1882), bien qu'il n'en ait aucunement l'aspect.

Fig. 52 Inondation des alentours de la porte supérieure (Obertor) de Lucerne, imputable au Krienbach grossi par le Renggbach. Selon la chronique de Diepold Schilling de 1513.



Actuellement, le Renggloch se présente sous la forme d'une entaille de 10 à 15 m de profondeur dans un grès dur. Un tronçon d'entrée long de 50 m et large de 10 à 12 m est suivi d'une cascade de 20 m, puis d'un tronçon de sortie long de 100 m et large de quelques mètres seulement. D'après ROESLI (1965), cette gorge est indubitablement naturelle et les eaux du Renggbach s'y écoulent depuis des millénaires. Ses dimensions permettent déjà d'exclure toute origine humaine datant du 13^e siècle. A cette époque, on ne connaissait pas encore la poudre noire, si bien que les travaux dans la roche devaient être exécutés en recourant au pic, au feu et à l'eau. Il semble également qu'il n'y ait jamais eu de comtesse Gutta. Mais il est possible qu'une autre mécène du couvent des franciscaines ait ordonné en son temps de curer le tronçon d'entrée, une mesure attestée au cours des siècles suivants.

On a également essayé d'élargir le tronçon d'entrée en entamant la roche. Des documents attestent que des tailleurs de pierre s'y sont attaqués au pic en 1572, 1577 et 1586, et que des minages ont été exécutés en 1749 et 1766. On aurait extrait en tout 1800 m³ de roche (ROESLI 1965), ce qui est au fond assez peu. Mais cette opération, couplée avec les travaux présumés dans le cône de déjection précédant le Renggloch, ont dû être efficaces, car le Renggbach n'a plus débordé en direction de Lucerne depuis 1738. Les travaux d'aménagement prévus et réalisés au 19^e siècle pour améliorer la sécurité de ce torrent sont décrits au chapitre 12.

5.4 Ouvrages longitudinaux du 14^e siècle

Des ouvrages ont été construits vers 1310 pour protéger Martigny, qui se trouve en partie sur le cône de déjection de la Dranse. Des documents font état de cessions de terrains en vue de stabiliser son lit au moyen d'ouvrages longitudinaux. Il devait s'agir de caissons en bois réalisés avec de solides branches d'aulnes et complétés par des fascines (DE KALBERMATTEN 1985). On a procédé de la même manière pour protéger Brigue, qui se trouve sur le cône de déjection de la Saltina. En 1331, un décret de l'évêque de Châtillon exigea des bénéficiaires des terrains voisins qu'ils construisent un ouvrage de défense durable contre la Saltina. Réalisé sous la forme d'un mur situé en rive droite, nommé mur de l'évêque, il s'avéra efficace pendant un certain temps. Mais Brigue subit à nouveau des inondations dévastatrices en 1469 et 1640. Le mur de l'évêque fut donc amélioré et renforcé par un second mur placé

devant lui. Celui-ci porte une inscription indiquant qu'il a été réalisé en 1651. Une centaine d'années plus tard, en 1756, la Saltina ouvrit à nouveau une brèche dans ce dispositif et ravagea quelques vergers. De nouveaux aménagements s'avèrent donc nécessaires.

Les mesures réalisées sur la Saltina se sont naturellement répercutées sur son franchissement de Brigue à Glis. En endiguant la rivière et en la canalisant toujours davantage, on a raccourci le pont et réduit le gabarit d'écoulement, ce qui s'est déjà révélé critique lors du débordement de 1756 (MEYER *et al.* 1997). Le chapitre 12 donne davantage de précisions sur l'aménagement de la Saltina.

Des mesures de défense similaires ont été prises sur d'autres cônes de déjection au cours du 14^e siècle. Il semble que le problème des ponts s'y soit également posé.

5.5 Quelques rectifications de rivières sur le Plateau à partir du 15^e siècle

Deux coupures de méandres de la Reuss sur le Plateau

La dynamique des cours d'eau naturels a été abordée à la section 2.1. Les rivières, qui s'écoulaient dans les plaines suisses selon un mode ramifié ou méandri-forme, représentaient un danger pour les populations voisines. D'une part, elles épandaient leurs eaux et leurs alluvions lorsqu'elles entraient en crue. D'autre part, elles en profitaient pour changer de lit et arracher des terres. Aux abords des rivières à méandres, on craignait surtout les coupures naturelles. Elles surviennent lorsqu'une rivière en crue coupe une de ses boucles et la transforme en bras mort. Pour contrôler ces changements brusques du lit des rivières, les intéressés réalisaient fréquemment des coupures artificielles de méandres. Ils favorisaient la percée en creusant un canal-guide sur un tronçon susceptible d'être emprunté par la rivière. Comme ce canal présentait une pente supérieure à celle des méandres, il était «accepté» par la rivière, qui l'élargissait ensuite par érosion. En procédant ainsi, on arrivait à conférer un tracé plus direct à une rivière méandri-forme. La Reuss a manifestement subi une intervention de ce type en 1415, entre Ottenbach et Birri-Merenschwand, où un grand méandre a été coupé artificiellement (GRÜNIG 1988, KÄPPELI 1969). Un changement similaire de son cours a été réalisé en 1594 entre Buchrain et Inwil.

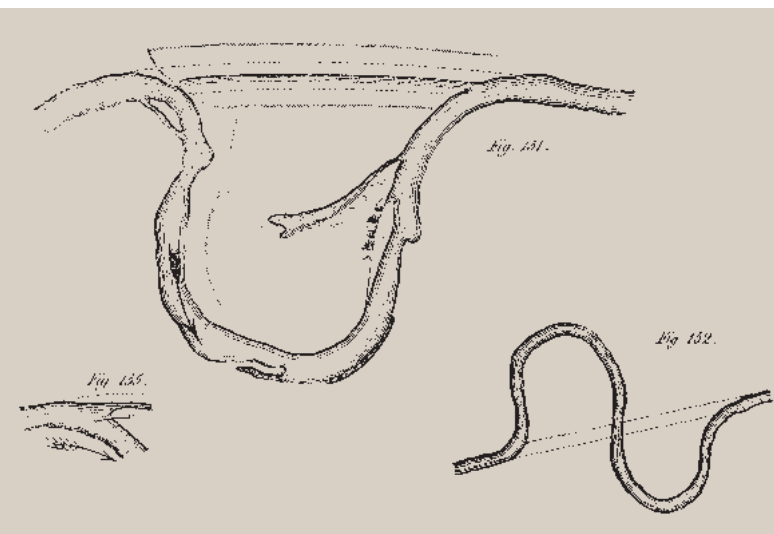


Fig. 53 Instructions pour couper des méandres. Selon G. Hagen, 1844.

Des coupures de méandres en série sur la Glatt zurichoise?

Il ressort d'un document de 1590 que trois conseillers municipaux zurichois ordonnèrent une assez longue rectification de la Glatt afin d'arbitrer une querelle mettant en cause les communes de Schwamendingen et de Wallisellen, ainsi que l'exploitant du «moulin de



Fig. 54 Carte de la vallée de la Glatt, de Dübendorf à Schwamendingen. «Plan du premier quartier (quadrant) de la ville de Zurich.» D'après H. C. Gyger, 1667.

Herzog» situé sur la Glatt à Wallisellen. Il s'agissait surtout de protéger contre les crues la chaussée qui menait à Winterthur en passant par ces communes et par l'Aubrücke (BRETSCHER 1952). Les travaux d'aménagement de la rivière ont dû être entrepris au début du 17^e siècle. Un rapport officiel ultérieur les juge comme suit: «Depuis les temps les plus reculés, la vaste vallée de la Glatt a souffert d'inondations et d'une extension des marécages. L'aggravation de la situation au 17^e siècle a suscité le creusement d'un nouveau lit sensiblement rectiligne du «moulin de Herzog» jusqu'à Oberglatt. Mais l'entreprise n'a pas répondu aux attentes, car l'excavation était peu profonde et les seuils-barrages des moulins étaient restés à leur niveau. D'autres tentatives visant à remédier quelque peu aux problèmes en coupant les méandres les plus préjudiciables ont eu pour seul effet de démontrer qu'ils ne pourraient jamais être résolus par des corrections partielles» (BAUDIREKTION ZH 1867).

L'auteur n'a pas connaissance de plans de cette rectification précoce. Mais la célèbre carte au 1:32'000 de la région zurichoise publiée par Hans Conrad Gyger (1599–1674) en 1667 signale quelques canaux qu'on pourrait interpréter comme le début de cette rectification de la Glatt de quelque 9 km. S'agissant des dates, on est en droit de penser que Gyger a travaillé plus de 30 ans sur sa carte, si bien qu'elle ne reflète pas forcément l'état des lieux au moment de sa parution en 1667. En tout état de cause, la véritable correction de la Glatt a été réalisée au 19^e siècle (section 11.2).

5.6 La déviation de l'Aa d'Engelberg en 1471

Avant 1471, l'Aa d'Engelberg se séparait en trois bras dans la région de Stans-Oberdorf. Deux d'entre eux se jetaient dans le lac des Quatre-Cantons, à Stansstad et à Buochs. Quant au bras central, il s'écoulait en direction de l'Ächerli, où il alimentait un grand marécage. A Oberdorf, la rivière encore unique occupait une bande de 120 m, tandis que ses différents bras avaient ensuite une largeur cumulée de 300 m. Lorsqu'elle était en crue, cette rivière sauvage débordait régulièrement en épandant ses alluvions dans la plaine située entre Stans et Buochs. Tenant compte des préjudices subis par l'agriculture, la Landsgemeinde décida en 1462 d'approfondir les trois bras. Mais le comité institué à cet effet recommanda de corriger uniquement le bras menant à Buochs et de mettre les deux autres hors d'activité. La population de Buochs n'approuva pas ce projet, mais sa résistance cessa lorsque l'Aa fit preuve d'autorité: au cours d'une crue,

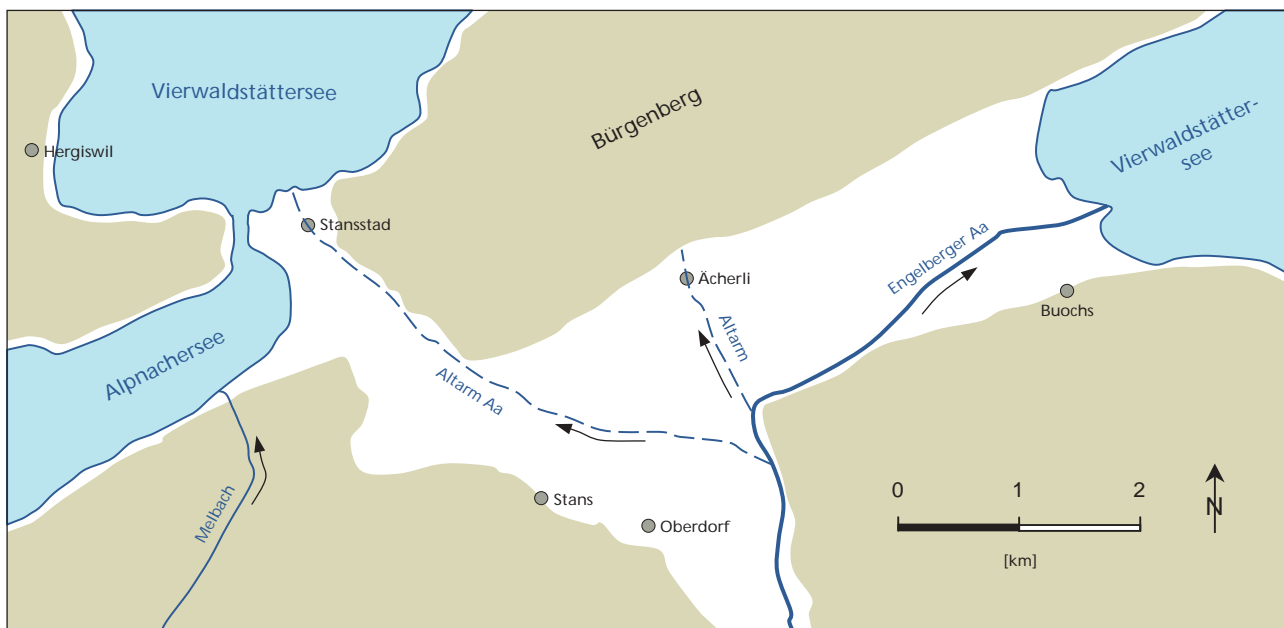


Fig. 55 Situation relative à la déviation de l'Aa d'Engelberg en direction de Buochs, en 1471.

elle boucha elle-même les deux bras faisant l'objet du litige et ne s'écoula plus que vers Buochs. En 1471, les intéressés adoptèrent un compromis consistant à laisser l'Aa s'écouler vers Buochs pendant une période transitoire de dix ans et à stabiliser son lit en construisant différentes digues. Le compromis fut confirmé en 1487 et définitivement entériné en 1501. Il fixait notamment que l'entretien à long terme du cours de l'Aa n'incomberait pas aux seuls habitants de Buochs, mais également à ceux de Stans et de Stansstad. En 1579, ces derniers transmirent leur charge aux gens du Bürgenberg, évidemment assortie d'une prestation financière (ACKERMANN 1971).

Malgré ces mesures, l'Aa déborda encore sporadiquement. On essaya d'y remédier en améliorant la stabilité des berges. Des digues reculées furent construites suite aux crues catastrophiques de 1846. Mais une correction de grande ampleur ne fut réalisée qu'au 20^e siècle (VISCHER 1995a).

5.7 L'abaissement du lac de Zoug entre 1591 et 1592

Les Temps modernes débutèrent vers 1500 avec la Renaissance. S'ils marquèrent surtout les sciences naturelles et l'art de l'ingénieur, la construction hydraulique bénéficia également de solutions toujours plus raffinées. Un exemple notable est offert par l'abaissement du niveau du lac de Zoug à la fin du 16^e siècle.

La route menant à son baillage de Cham, réalisée avec art en 1540, revêtait une grande importance pour la ville-Etat de Zoug. Elle contournait le lac sur sa rive nord, en traversant un marécage fréquemment submergé par les débordements estivaux du lac. A cette saison, il arrivait que seuls des hommes vaillants puissent la parcourir en pataugeant. Comme elle était alors impraticable pour le reste du trafic, on devait faire un long détour par Steinhausen.

On ignore si les niveaux estivaux du lac s'élevèrent notablement aux alentours de 1590 ou si la petite ville de Zoug devint plus sensible au problème. Quoi qu'il en soit, elle chargea son maître bâtisseur Jost Knopfli (env. 1550–1634) de remédier à cet état de fait en 1591. Il ne devait pas déplacer la route, mais abaisser le niveau du lac de Zoug. Déjà émise lors de la construction de la chaussée, cette idée n'avait pas été mise en œuvre. Knopfli élaborait un projet d'approfondissement de l'exutoire du lac, donc de la Lorze à Cham. Il se mit déjà au travail en automne 1591, avec 9 équipes comprenant probablement 6 à 7 hommes. Dans une première étape, ils supprimèrent un ouvrage de prise d'eau pour un moulin qui entravait l'écoulement en aval de Cham. A l'issue de l'hiver 1591–1592, ils construisirent un barrage en bois entre le lac et Cham. Une fois protégés, ils approfondirent le lit de la rivière. Pour travailler au sec, ils le subdivisèrent en deux compartiments, séparés par des palplanches en bois disposées longitudinalement. La Lorze coulait dans l'un, tandis que l'autre était excavé, à la pioche et à la pelle dans les terrains meubles, à l'aiguille, au feu

et à l'eau dans la molasse dure. En été 1592, suite à deux jours de fortes précipitations, le niveau du lac monta inopinément à tel point qu'il provoqua l'effondrement du barrage. L'onde de submersion qui s'ensuivit provoqua d'importantes inondations dans le secteur du couvent de Frauental et de l'Allmend de Maschwanden. Knopfli et ses ouvriers n'auraient eu besoin que de 9 jours pour construire un nouveau barrage long de 135 m et pour reprendre l'aménagement de la rivière. Achievé en automne 1592, il permit un abaissement du lac de Zoug estimé à 2,5 m (SPECK 1993, AMMANN 1993). Le barrage, dont nous ne possédons malheureusement pas d'illustration, servit dès lors à régulariser le lac dans une certaine mesure.

Le but prioritaire, qui consistait à sécuriser la route de Zoug à Cham, était atteint. La chaussée ne fut plus jamais inondée. La bande riveraine gagnée sur le lac, de 1,5 km², resta d'abord en friche. Puis des intéressés en firent l'acquisition et l'exploitèrent. Il y eut également une centaine de petites ruptures de berges et glissements de terrain sur le pourtour du lac. En 1594, une partie du vieux mur d'enceinte et trois ateliers de Zoug sombrèrent dans ses eaux, occasionnant quelques soucis à la ville. Cet événement réveilla le souvenir de la rupture de berge de 1435 – soit quelque 160 ans auparavant – qui avait précipité toute une rangée de maisons de Zoug dans les flots. La deuxième grave rupture de berge, qui affecta le faubourg de la ville en 1887, ne fut

Fig. 56 Vues de la ville de Zoug, en 1547 (haut) et en 1720 (bas). Avant l'abaissement du niveau du lac de Zoug en 1591–1592, la rangée de maisons frontale avait pour ainsi dire les pieds dans l'eau. Les jardins, les ateliers et les installations portuaires ne purent être aménagés qu'ultérieurement.



pas provoquée par l'abaissement du niveau du lac, mais par l'affaissement d'un remblai supportant un établissement riverain (VISCHER 1995b).

5.8 La prétendue déviation du Hüribach en 1665

Si la section précédente traitait du cours inférieur de la Lorze, il est question ici du Hüribach, qui alimente la rivière dans son cours supérieur. Jadis, il se serait jeté directement dans la Lorze à Unterägeri. Torrent capricieux, il aurait accentué considérablement les crues de la rivière et entravé l'exutoire du lac d'Ägeri par ses dépôts d'alluvions. Aussi aurait-il été détourné en 1665 dans le lac (HASSLER 1977), où il déverse désormais ses masses d'eau et de matériaux.

D'après les documents, cette interprétation repose sur un malentendu. Il est bien sûr possible que le Hüribach se soit frayé jadis un chemin vers Unterägeri. Mais au 17^e siècle, il s'écoulait déjà depuis longtemps dans le lac d'Ägeri. En revanche, il est attesté qu'il a quitté son lit en 1661, lors d'une grosse crue estivale, pour se précipiter sur Unterägeri et y causer des ravages. Les habitants de la région sinistrée ont alors bouché la brèche et consolidé les berges de manière à ce qu'un tel événement ne puisse plus se reproduire. Ce faisant, ils ont obligé le Hüribach à retourner dans son ancien lit, en direction du lac d'Ägeri (MOROSOLI 2001). Il est possible qu'ils aient déjà procédé de la sorte auparavant. Comme pour la Lutschine et l'Aa d'Engelberg, les riverains ont privilégié un lit par rapport aux autres. Vu sous cet angle, le Hüribach n'a pas été détourné en 1665 suite à la construction d'un véritable chenal de déviation, mais il n'en a pas moins subi une intervention dirigiste.

Un autre ruisseau a été légèrement déplacé à proximité immédiate. Il semble en effet que le Wissenbach voisin se jetait dans le Hüribach jusque dans les années 1660, précisément à l'endroit où celui-ci avait tendance à déborder. Il a probablement été dévié en direction d'Unterägeri à l'occasion de l'intervention dont il a été question plus haut et acheminé dans le lac d'Ägeri sous le nom de Nübächli, qui témoigne d'un nouveau ruisseau (MOROSOLI 2001). Cette opération visait-elle à améliorer la sécurité au point de rupture ou à décharger le Hüribach, répondant ainsi à des impératifs de protection contre les crues? Ou était-elle liée à l'alimentation en eau d'un secteur d'Unterägeri et à l'évacuation de ses eaux usées? Les deux objectifs ont certainement joué un rôle.

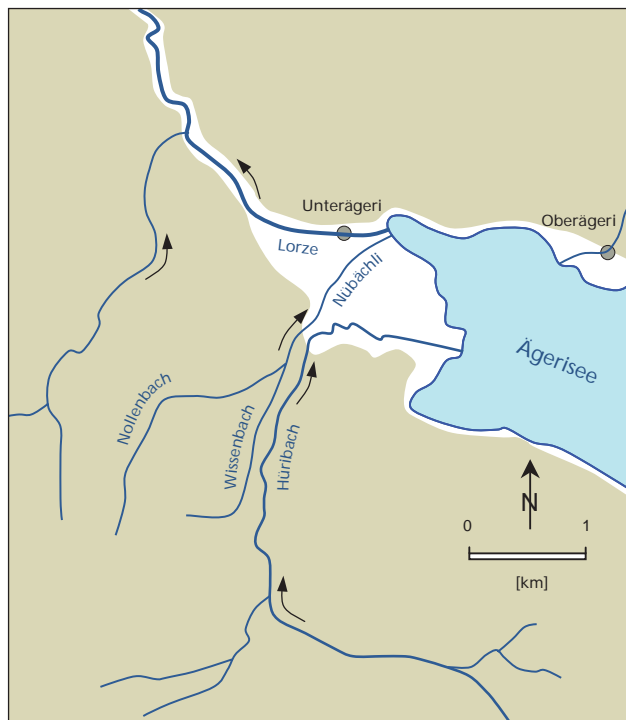


Fig. 57 Situation actuelle du Hüribach et du Nübächli, ce dernier correspondant au cours inférieur dévié du Wissenbach.

5.9 Du principe des ouvrages de défense transversaux et longitudinaux

Les obligations des riverains concernant les ouvrages de défense

Les ouvrages de stabilisation des berges et les ouvrages de fixation transversaux érigés dans le lit des rivières (section 4.2) étaient construits et entretenus presque exclusivement par les riverains, qui se regroupaient ou travaillaient individuellement. Au début, ils réalisaient probablement ces travaux sur une base volontaire. Mais ce libre consentement s'est souvent mué en obligation au Moyen Age encore. Ceux qui étaient astreints à cette corvée devaient mettre en œuvre des mesures préventives de défense contre les crues et réparer les ouvrages construits à cet effet. Selon les cas, ils pouvaient choisir les méthodes de construction ou devaient suivre des directives orales.

La corvée relative à la prévention des crues était parfois couplée avec la corvée de lutte contre les eaux, c'est-à-dire l'obligation de prêter son concours lors des catastrophes dues aux crues. Ce devoir d'assistance en cas de crue s'apparentait, comme aujourd'hui encore, à l'obligation de participer à la lutte contre le feu, si bien qu'elle ne s'arrêtait généralement pas aux seuls riverains.

Le règlement relatif aux ouvrages de défense du district de Trachselwald (1766)

HÄUSLER (1968) donne un aperçu de la gestion des ouvrages de protection dans l'Emmental. Il semble que les berges de l'Emme y aient été protégées précocement. Un règlement émis par la ville de Berthoud au 14^e siècle interdisait de couper dans le Schachen – terme désignant une basse terre inondable – du bois qui pourrait être utile à ses ponts ou à ses ouvrages de défense.

Dès 1568, les autorités bernoises subordonnèrent toute autorisation de construire dans le Schachen à l'obligation de participer à la défense contre les crues. Mais elles ne formulaient aucune directive quant aux travaux à réaliser et n'intervenaient guère dans ce domaine. HUBER (1941) décrit quelques modes de construction courants à l'époque.

La situation changea lorsque l'Emmental fut ravagé par une crue catastrophique en 1764. Un règlement relatif aux ouvrages de défense du district de Trachselwald fut promulgué en 1766 sur proposition du bailli local. Il instituait la nouvelle fonction de «Schwellenmeister» (responsable des ouvrages de défense), dont les compétences s'étendaient à un tronçon donné de l'Emme ou d'un de ses affluents. Son cahier des charges comprenait deux contrôles annuels du cours d'eau, ainsi

qu'une inspection après chaque crue. Il devait examiner tous les ouvrages et les bois riverains. S'il constatait d'importantes accumulations de bois flottant ou de matériaux charriés, il devait les faire évacuer immédiatement. Il disposait de tous les corvéables de son tronçon pour construire les ouvrages, entretenir les bois et déblayer les matériaux déposés. Le district de Trachselwald comptait douze «Schwellenmeister». Les travaux de plus grande ampleur ou concernant plusieurs tronçons étaient dirigés par le bailli lui-même.

D'autres nouveautés furent introduites par la suite, telles l'interdiction des digues offensives et l'instauration d'une obligation de participer à la lutte contre les eaux qui s'appliquait à tous les habitants du district de Trachselwald. Les autres districts bernois de l'Emmental se dotèrent bientôt de règlements similaires, sauf la ville de Berthoud, qui en possédait déjà un depuis 1711. Seule ville sur l'Emme, elle accordait une grande importance à la sauvegarde de ses intérêts en matière de protection contre les crues.

La proposition visionnaire d'un inconnu et un concours

La mise en place et l'entretien des ouvrages de défense était très onéreuse et représentait une lourde charge

Fig. 58 L'Emme à Lützelflüh. Sens de l'écoulement: de droite à gauche. Détail d'une illustration de J. W. Kleeman, 1780.





Fig. 59 Plan de correction de l'Emme au moyen d'ouvrages transversaux (séries d'épis) placés en amont des falaises de Berthoud. Sens de l'écoulement: de droite à gauche. Probablement dû à K. J. Ritter, Lucerne, 1804.

pour les corvéables de l'Emmental. D'une part, une rivière torrentueuse avec des affluents tout aussi impétueux provoquait une importante usure, voire parfois la destruction des ouvrages longitudinaux et transversaux. D'autre part, la longévité de ces constructions en bois et en pierre ne dépassait guère 10 à 12 ans, en raison de l'inévitable pourriture du bois.

C'est pourquoi on se mit à réfléchir à d'autres types d'aménagements fluviaux. Un avis émis par le bailli de Landshut en 1766 au sujet du règlement relatif aux ouvrages de défense du district de Trachselwald comprend un remarquable mémoire anonyme en annexe. Celui-ci comporte des propositions concrètes visant à conférer un cours rectiligne à l'Emme et à garantir la continuité de son charriage. Les interventions devaient impérativement se conformer aux caractéristiques naturelles du cours de l'Emme: «Ainsi, il ne manque rien d'autre à ce fleuve, pour s'en faire un ami, que de lui tendre la main où il en a besoin: lui conférer un cours tranquille et adapté à sa nature, en quelque sorte le choyer, mais pas restreindre son libre cours comme on l'a tenté en vain jusqu'à présent.» Ce mémoire proposait plus loin de confier la haute surveillance de l'aménagement du cours d'eau à un «Bailli de l'Emme» compétent afin, notamment, de garantir une meilleure coordination aux limites intercommunales.

Levé entre 1769 et 1770, un cadastre des ouvrages de défense situés entre le pont sur l'Emme de Rüegsauschachen et la frontière du canton de Soleure poursuivait le même objectif. Il fixait les responsabilités et fournissait des informations sur la construction des ouvrages. A l'époque, l'Emme était aménagée comme suit: sur le tronçon répertorié, aucun seuil ne traversait toute la rivière; elle ne comprenait que des digues of-

fensives isolées; les berges étaient protégées presque sans interruption par des ouvrages d'endiguement longitudinaux.

Un concours organisé en 1762 par la Société économique de Berne et portant sur la construction de seuils jette également un éclairage sur les efforts consentis à l'époque (section 11.3).



Fig. 60 La coupure de la Kander peu après son achèvement en 1714. Vue de Wimmis vers l'aval, par-delà la confluence de la Kander (à droite) et de la Simme (à gauche), en direction de Thoune. Artiste inconnu.

6 La déviation de la Kander de 1711 à 1714, une idée géniale avec une réalisation hasardeuse

6.1 La Kander et son impact sur son cours inférieur

La Kander est l'un des plus grands torrents de Suisse. Avant qu'elle soit corrigée, ses eaux, augmentées de celles de la Simme depuis Wimmis, s'écoulaient à travers le vallon du Glütschbach et se jetaient dans l'Aar quelque 2,5 km en aval de Thoune. Son embouchure faisait face à celle de la Zulg, qui prend sa source dans l'Eriz.

La Kander est un cours d'eau particulièrement capricieux, qui présente d'importantes variations de débit et charrie de grandes quantités de matériaux. Selon le témoignage d'anciens documents, les débits de pointe surviennent surtout au milieu ou à la fin de l'été, par suite d'orages ou de fortes précipitations, ou bien au début du printemps, lorsque le föhn se lève brusquement après d'abondantes chutes de neige et accélère sa fonte. Les matériaux charriés à partir des tronçons raides du bassin versant se déposent naturellement dans les sections peu pentues, notamment dans le cours inférieur. C'est pourquoi l'ancien lit de la Kander était régulièrement comblé dans l'actuel vallon du Glütschbach et dans l'Allmend de Thoune, à telle enseigne que la Kander en crue sortait de son lit et changeait parfois de cours. Les localités d'Allmendingen, Thoune, Thierachern et Uetendorf étaient les plus touchées. Si elles souffraient directement de cet état de fait, elles devaient également consentir d'importantes dépenses en vertu de leur obligation d'entretenir des ouvrages de défense. Leur besoin en bois à cet effet aurait été tel que l'existence des forêts voisines aurait été menacée.

La situation était également critique en aval. En se jetant dans l'Aar, la Kander et la Zulg déversaient leurs alluvions au même endroit. Elles formaient en commun une barre que l'Aar ne pouvait pas évacuer assez rapidement. Ce phénomène, ainsi que ses propres masses d'eau, provoquaient un tel exhaussement de l'Aar qu'elle débordait dans la ville de Thoune lorsqu'elle était en crue. Elle traversait les bas quartiers, puis inondait la plaine de l'Allmend et ses environs. Le lac de Thoune, qui ne pouvait plus s'écouler normalement, montait également et submergeait des basses terres littorales. L'extension des marécages qui s'ensuivit provoqua une prolifération de la fièvre des marais, la redoutée malaria, et causa une grande misère (GEISER 1914).

Même la ville de Berne était confrontée aux crues impétueuses de la Kander, car l'Aar gonflée par ses eaux sortait de son lit et détruisait des protections de berges, des débarcadères et des moulins. De surcroît, le Marzili et le quartier de la Matte étaient régulièrement submergés. A l'époque, le niveau maximal des

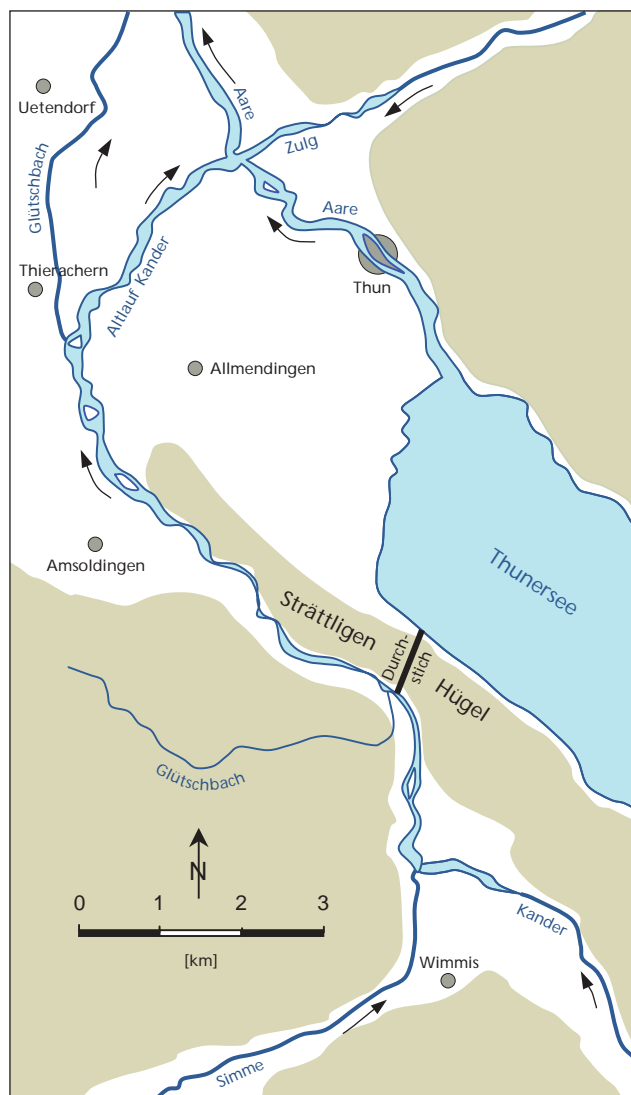


Fig. 61 Situation de la Kander en aval de l'embouchure de la Simme. Cours abandonné en 1714 et coupure réalisée entre 1711 et 1714.

hautes eaux devait être 3 m plus haut qu'actuellement. Il n'est donc pas surprenant que les crues extrêmes de la Kander aient été préjudiciables jusqu'en terre argovienne. Avant la correction des eaux du Jura de 1868 à 1891, l'Aar, qui ne passait pas encore dans le lac de Bienne, était beaucoup plus virulente qu'aujourd'hui sur son cours inférieur.

L'impact de la Kander se conçoit aisément si l'on se souvient que son bassin versant avait autrefois une superficie de 1160 km². Il avait donc sensiblement la même taille que celui de l'Aar à son embouchure dans le lac de Thoune. Mais si les crues de l'Aar peuvent s'épancher dans les lacs de Brienz et de Thoune, où elles sont largement atténuées et débarrassées de leur charriage, les pointes de crue de la Kander se propageaient jadis sans entrave (VISCHER & FANKHAUSER 1990).

6.2 Le projet

L'idée d'une coupure de la Kander prend forme

Autrefois, le cours de la Kander s'approchait à 600 m du lac de Thoune à Strättligen, avant de s'en éloigner à nouveau. Mais Strättligen se trouvait sur un cordon de collines longeant le lac à près de 50 m au-dessus du lit de la Kander, si bien que tout débordement naturel dans le lac de Thoune était exclu. Or certaines des rares cartes existant au 16^e siècle représentaient une Kander se jetant dans le lac de Thoune à Strättligen: une erreur manifeste, qui a disparu dans les cartes du 17^e siècle!

Est-ce cette erreur qui a inspiré l'idée d'une coupure de la Kander à travers la colline de Strättligen aux riverains menacés d'Allmendingen, Thierachern, etc.? D'après GEISER (1994), on trouve des demandes dans ce sens, émanant de ces villages, à partir de 1680. Puis il semble que Samuel Bodmer (1652–1724) se soit occupé de la question, pour donner forme à cette idée. En 1695, il acheta le domaine du château du village voisin d'Amsoldingen, puis il tira l'essentiel de ses revenus en exploitant un moulin et devenant en quelque sorte un indigène. Comme déjà signalé à la section 3.1, Bodmer était un lieutenant d'artillerie bernois qui se proclamait géomètre. Comme il disposait certainement aussi de connaissances en matière de

Fig. 62 Vignette du plan de S. Bodmer de 1710 relatif à la déviation de la Kander. Elle symbolise la Berne riche et résolue: «Grâce à cette grande force qui est la mienne, je réalise des merveilles telles que transpercer des montagnes et déplacer des fleuves pour le plus grand bien de mon peuple et de ma contrée.»



fortifications, en tant qu'artilleur, on peut le qualifier d'ingénieur militaire. Autrefois, il n'y avait pas encore d'ingénieurs civils qualifiés, c'est pourquoi on confiait fréquemment les projets de génie civil, selon la terminologie actuelle, à des ingénieurs militaires.

En 1698, les communes concernées par les crues de la Kander, d'Allmendingen à Belp, présentèrent une requête au gouvernement bernois. Elles le prièrent d'en détourner le cours dans le lac de Thoune, ce qui leur semblait facile à réaliser. Le gouvernement instaura immédiatement une commission pour examiner cette idée. Elle émit un avis favorable en 1699 déjà.

Une sorte d'étude d'impact sur l'environnement

Une vigoureuse opposition se dressa aussitôt. Les détenteurs de charges publiques d'Unterseen et d'Interlaken exprimèrent leurs craintes que l'introduction des eaux froides et sales de la Kander ne compromette la pêche dans le lac. La ville de Thoune, qui comprenait un peu plus de 1000 habitants à cette époque, demanda instamment de renoncer au projet, arguant du fait que les eaux sales de la Kander porteraient atteinte à son alimentation en eau potable. Dépourvue de sources, Thoune prélevait son eau de boisson dans l'Aar. De plus, les crues de la Kander feraient monter les eaux du lac, si bien que la ville, la Schadau et Scherzligen seraient inondés. Pour y remédier, il faudrait impérativement assurer un écoulement suffisant du lac par l'Aar, ce qui exigerait de supprimer les seuils et les moulins de Thoune. C'est pourquoi la commission ad hoc subordonna son avis positif à la condition que des écluses soient construites à Thoune et qu'un canal d'évacuation des crues soit éventuellement aménagé entre l'extrémité du lac et un lieu situé à l'aval de la ville.

Au vu des divergences d'opinions, une deuxième commission s'occupa de l'affaire en 1703. Se concentrant sur les conditions d'écoulement à Thoune, elle parvint également à une conclusion positive. Finalement, une troisième commission fut dépêchée en 1710, afin d'examiner à nouveau sur place la faisabilité du projet. En faisaient notamment partie Samuel Bodmer, Emanuel Gross (1681–1742) de Berne et Pietro Morettini (1663–1737) de Locarno. Gross et Morettini avaient reçu une bonne formation d'ingénieurs militaires à l'étranger. Morettini en tira profit à tel point qu'il devint un ingénieur de premier plan à son époque. Cette commission réalisa quelques mensurations et conclut ses investigations par le projet que la littérature attribue habituellement au seul Bodmer. Approuvé par le gouvernement, il fut mis à exécution (VISCHER & FANKHAUSER 1990).



Fig. 63 Extrait du plan de S. Bodmer de 1710 relatif à la déviation de la Kander, avec l'ancien cours au sud du lac de Thoune (en haut) et la coupure (percement) à travers la colline de Strättligen (au milieu).

Un plan de construction rudimentaire

Le projet se composait d'un plan dessiné par Bodmer intitulé «Plan und Grundriss von dem so genannten Cander-Wasser» et d'un devis. Le plan présente une carte de la région de Spiez à Uttigen. Il comprend le tracé de la coupure de la Kander et l'esquisse d'une correction de l'Aar de Thoune jusqu'au-delà d'Uttigen. Une vignette présente en outre la situation à Thoune. La coupure de la Kander est précisée par un profil longitudinal et une coupe transversale. Quant au texte apposé sur le plan, il ne comprend pas une description du projet mais un exposé des caractéristiques de la Kander et une demande au gouvernement:

«En raison de tous ces événements causés par les eaux de la Kander, Nos Souverains Seigneurs ont souhaité

examiner paternellement, en tant qu'Autorité territoriale, s'il ne serait pas plus judicieux de laisser à nouveau la Kander s'écouler dans le lac de Thoune, comme c'était déjà le cas au temps jadis. Le plan présente toutes les mesures nécessaires à cet effet. Il est conforme à l'ordre de l'Autorité, au mois de décembre 1710, établi par Leur plus humble et dévoué serviteur,

Samuel Bodmer, géomètre»

Si ces documents semblent bien maigres aux yeux d'aujourd'hui pour étayer un tel projet, ils correspondent aux usages de l'époque. En tout état de cause, ils montrent bien que l'élément essentiel était le détournement de la Kander, mais qu'on avait prévu des mesures correctives de Thoune à Uttigen (section 11.3). C'est ainsi que le devis comprend explicitement deux

postes concernant le déplacement des moulins et l'abaissement des seuils à Thoue. Mais on ignore pourquoi seule la coupure de la Kander fut réalisée.

Sur le plan, cette coupure est présentée comme une entaille dans la colline de Strättligen de 50 m de profondeur, 340 m de longueur et 32 m de largeur au fond du lit. La déclivité du chenal, de 0,8 %, correspond sensiblement à la pente de la Kander dans ce secteur. Les talus ont une pente très raide, de 6:5, car on s'attendait apparemment à excaver des terrains compacts. Sur la base de ces données, on peut estimer que le volume à excaver se monte bien à 300'000 m³ (VISCHER & FANKHAUSER 1990).

On ne peut malheureusement pas retrouver comment le tronçon suivant de 230 m, qui débouche dans le lac, a été dimensionné. On s'est probablement contenté d'un canal-guide en pensant qu'aucune autre mesure ne s'imposait. Il n'est mentionné nulle part que cette section très raide avec ses 23 % de pente devrait être protégée contre l'érosion en construisant des ouvrages de chute ou en posant un pavage continu. En réalité, on n'a certainement pas pensé à un phénomène d'érosion de grande portée, sinon le nouveau pont prévu pour la route de l'Oberland n'aurait pas comporté plusieurs arches et par conséquent des piliers fondés dans le nouveau lit de la Kander.

Le projet de dérivation de la Kander pourrait aussi être décrit en ces termes: la région de Strättligen offrait la possibilité de l'acheminer rapidement dans le lac de

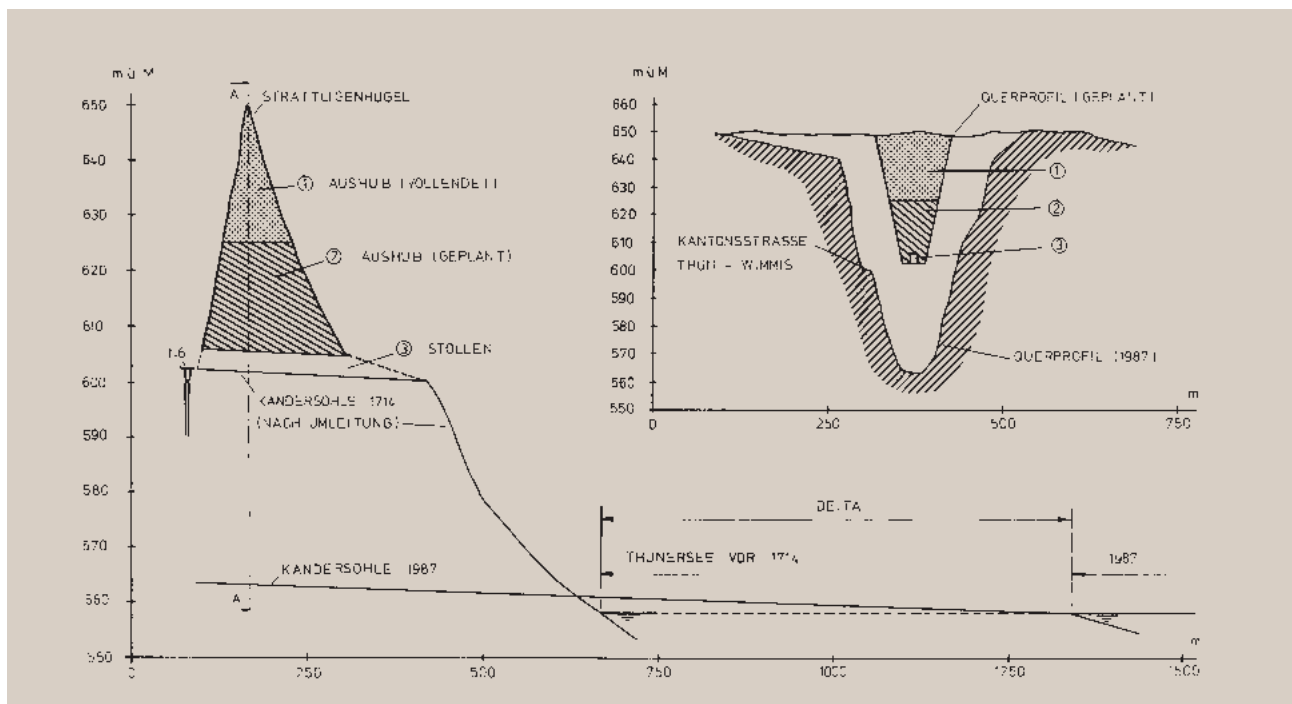
Thoue pour qu'elle puisse y rejeter ses crues et son charriage. Mais cela impliquait un raccourcissement de son cours de plus de 8 km, d'où une importante augmentation de la pente. On voulait la concentrer dans le tronçon raide déjà signalé par une sorte de chenal à écoulement rapide, en s'attendant à trouver un sous-sol résistant à l'érosion aussi bien dans la coupure que dans la section raide. Mais l'expérience pratique relative à ce sujet faisait défaut. La première théorie applicable du charriage a été développée au 20^e siècle – soit 200 ans plus tard – et l'on ne dispose toujours pas de théorie fiable au sujet de l'érosion en rocher.

6.3 Un chantier rondement mené

Changement de procédé et de direction

Sous la menace d'une nouvelle crue dévastatrice, le gouvernement bernois décida d'entreprendre les travaux au début de l'année 1711. Il instaura un Comité directeur de la Kander pour accompagner la construction. La direction des travaux fut confiée à Samuel Bodmer, qui entama le percement malgré les protestations de la ville de Thoue. Il entreprit d'entailler la colline de Strättligen par paliers, le long du tracé prévu. Le chantier disposait de plusieurs centaines d'ouvriers, organisés militairement. L'état-major de Bodmer

Fig. 64 Profil longitudinal et coupe transversale de la coupure de la Kander à travers la colline de Strättligen, en 1711–1714 et 275 ans plus tard.



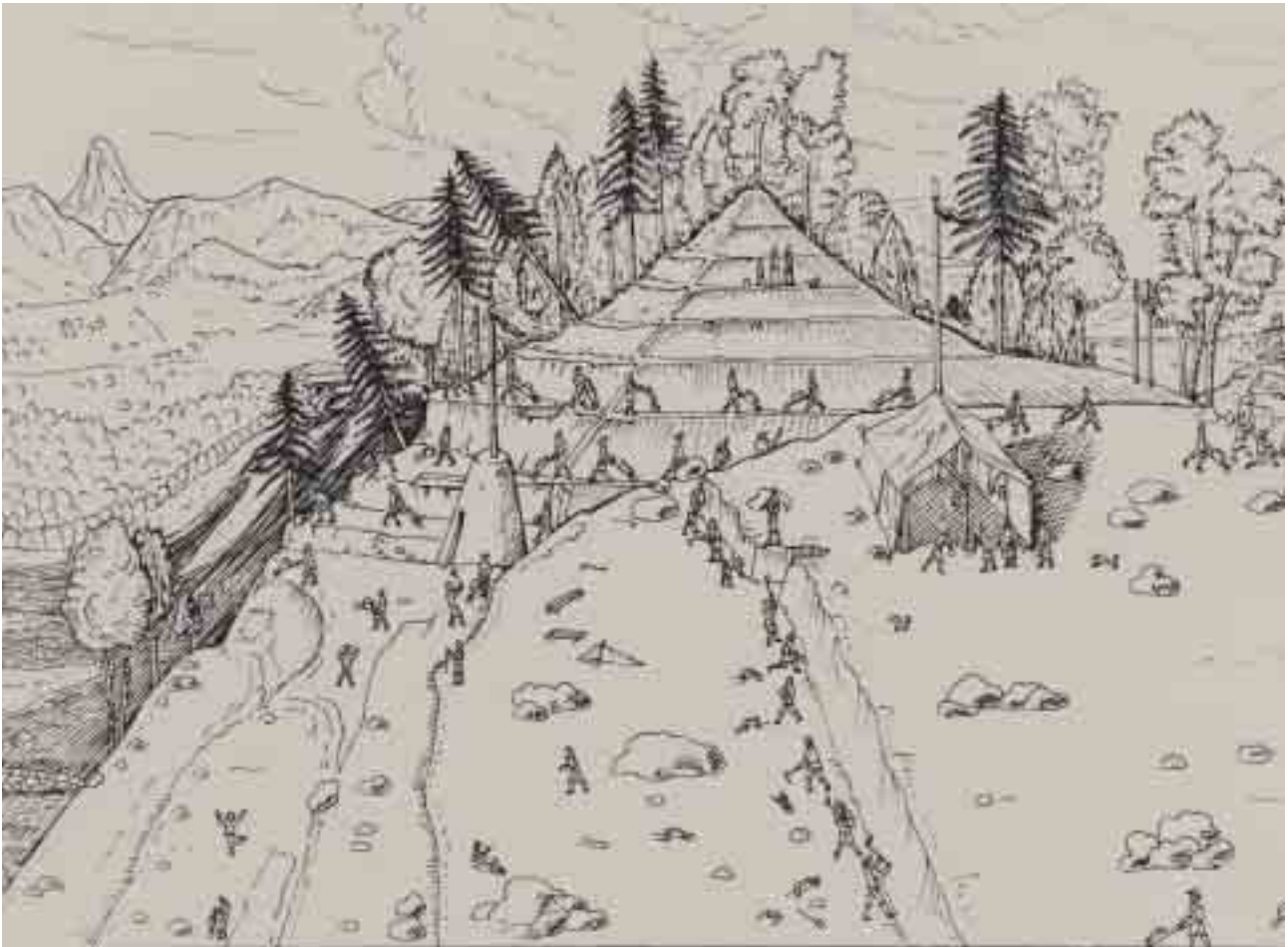


Fig. 65 Le chantier de la coupure de la Kander en 1711–1712. Vue vers le nord-ouest, avec à gauche le Stockhorn et à droite le lac et la ville de Thoun. Dessin de T. Bürgin, 1985, d'après un tableau de l'époque.

comprenait des chefs d'équipes (caporaux) et des ouvriers qualifiés, ainsi qu'un aumônier, un porte-drapeau, des musiciens, des policiers et des gardes. Parmi les ouvriers qualifiés figuraient – du moins temporairement – un mineur nommé Gertsch et quatre aides qui venaient des mines de plomb et d'argent de Trachsellaenen près de Stechelberg et se chargeaient des minages (VISCHER & FANKHAUSER 1990).

Il n'y avait pas de machine de chantier. Le parc d'outils comprenait essentiellement des pelles, des pioches ou des houes, et des brouettes. Un tiers de l'excavation fut mené à bien en une année. Mais la seconde guerre de Villmergen éclata en mai 1712 et le chantier fut interrompu pendant plus d'une année. Bodmer et son effectif furent mobilisés au Brünig pour y construire des fortifications de campagne afin de repousser les gens de Suisse centrale. Puis des doutes furent émis au sujet du procédé appliqué pour détourner la Kander. La direction des travaux fut alors transmise à l'architecte bernois Samuel Jenner (1653–1720), qui préconisait un style minier pour traverser la colline de Strättligen.

Le percement de la galerie commença au printemps 1713. Il employa 4 à 16 ouvriers, parmi lesquels on retrouvait certainement les mineurs de Trachsellaenen. Les documents signalent qu'il fallut étayer la section de percement au moyen d'un boisage. En revanche, il n'est fait mention nulle part de maçonnerie. Le percement fut déjà terminé à fin 1713, et la galerie achevée au printemps 1714.

L'affaire échappe aux intéressés

Une courte période d'incertitude succéda au percement remarquablement rapide de la colline de Strättligen. Devait-on poursuivre l'excavation commencée par Bodmer? Pouvait-on détourner progressivement la Kander dans la galerie? Devait-on d'abord adapter l'Aar à Thoun et en aval?

A mi-mai 1714, le Comité directeur de la Kander décida de renoncer à l'excavation complète et de détourner immédiatement la rivière. Les responsables pensaient sans doute que la galerie résisterait à l'action

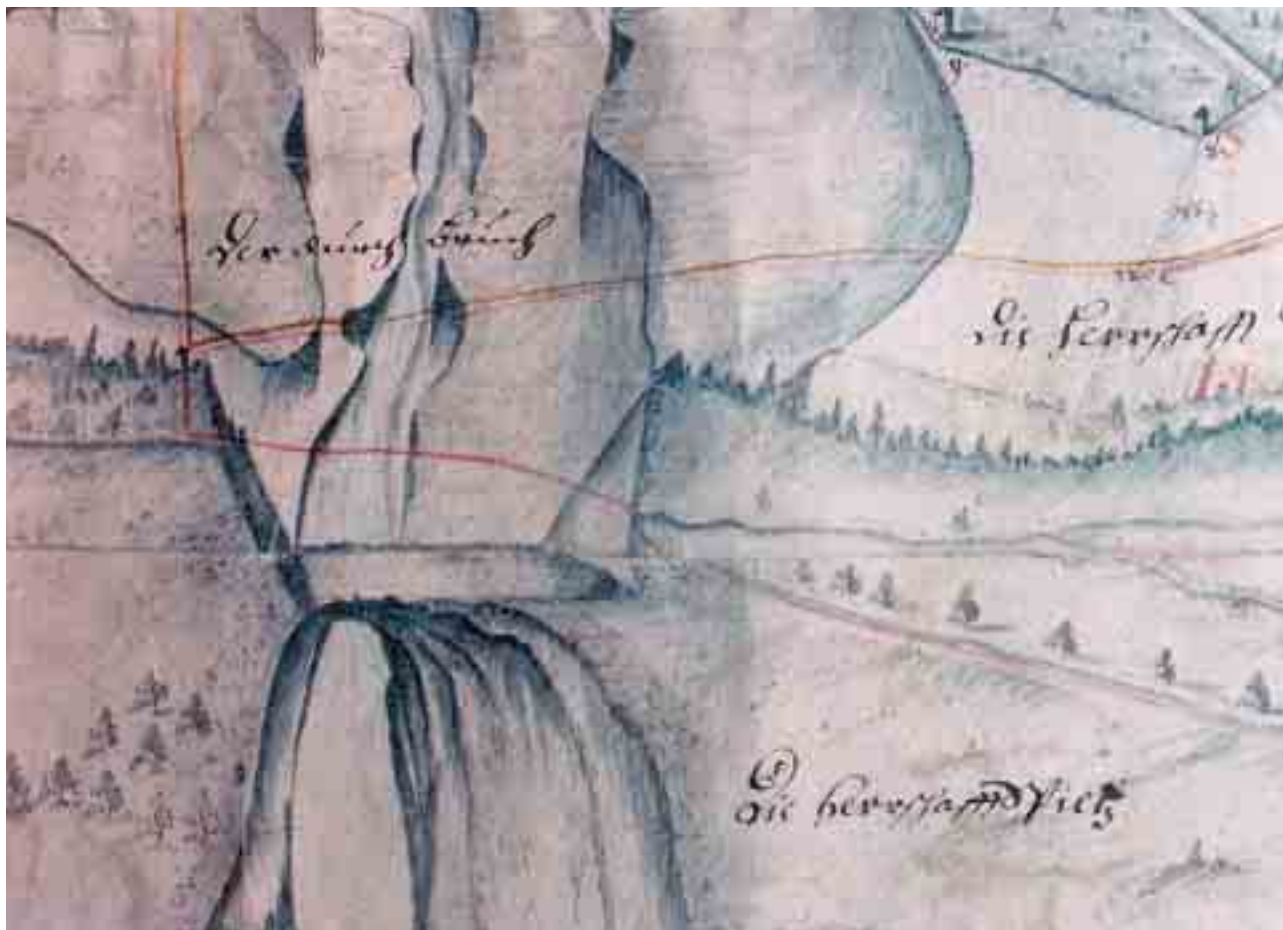
érosive de l'eau. Elle aurait acheminé seulement une partie des flots de la Kander dans le lac de Thoune. L'ancien cours, qui passe par Allmendingen et d'autres localités, n'aurait pas été totalement asséché, mais néanmoins soulagé des hautes eaux susceptibles de déborder. On ignore si l'embranchement en amont de la galerie devait être livré à lui-même ou pourvu d'un barrage avec déversoir.

Contre toute attente, la Kander se mit à élargir et approfondir la galerie dès l'été suivant. Ni les terrains considérés comme compacts, ni les poudingues sous-jacents n'arrivaient à s'opposer à sa force érosive. Au début, elle a bien emprunté la galerie horizontale, puis le chenal à écoulement rapide à 23 % de pente, avant de se jeter dans le lac. Mais elle n'a pas manqué de s'enfoncer rapidement dans ce chenal. Il en a résulté une vigoureuse érosion rétrograde dans le tronçon de galerie, à tel point que le cours de la Kander n'a pas tardé à se trouver largement au-dessous de la cote prévue par le projet. Il y eut des écroulements dans la voûte, accompagnés d'affaissements des terrains de

couverture. Finalement, la Kander agrandit la galerie à tel point qu'il n'y eut plus qu'une gorge continue. Dès la mi-août 1714, toutes ses eaux empruntèrent le nouveau cours, et l'ancien lit s'assécha.

Au début, le phénomène évolua dramatiquement. Dans la région de Strättligen, il s'accompagna de bruits inquiétants, de tassements, fissurations et glissements de terrain. Il y eut également des victimes parmi les curieux. Deux ans plus tard, en 1716, le nouveau lit de la Kander était déjà 27 m au-dessous de la cote prévue. Des effets se sont également fait ressentir en amont. Quelque 2 km plus haut, à l'embouchure de la Simme, le lit s'est par exemple approfondi de 5 m. A l'heure actuelle, où l'on a pratiquement atteint un état d'équilibre, le lit de la Kander à Strättligen se trouve 40 m au-dessous de sa cote d'autrefois. Le delta de la rivière dans le lac de Thoune s'est accru en conséquence. En 1909, il avait une superficie proche du kilomètre carré (GEISER 1914). Depuis 1913, il est exploité par la société Kanderkies AG.

Fig. 66 La coupure de la Kander peu avant son achèvement en 1714. La galerie a tellement été élargie par l'érosion qu'elle est sur le point de s'effondrer. Vue vers l'amont de la Kander. Extrait d'un plan d'abornement de S. Bodmer, 1717.



Du détournement de la Kander prévu autrefois, on ne voit plus aujourd'hui qu'une gorge dont les parois atteignent 90 m de hauteur. Paysage protégé depuis 1978, elle ne rappelle quasiment plus son origine anthropogène à l'observateur non averti (VISCHER & FANKHAUSER 1990). L'intéressé de passage dispose d'un point de repère: l'entrée de la gorge est surplombée par un pont autoroutier dont la chaussée se trouve approximativement à la hauteur de l'ancien lit de la Kander.

6.4 Une longue tragédie et son épilogue

Inondations à Thoune et sur les rives du lac

Ainsi, la Kander se jetait dans le lac de Thoune! De ce fait, l'apport d'eau dans le lac a augmenté de plus 60 % (SCHNITZER 1992). Mais la section de l'exutoire n'avait pas été agrandie en conséquence. On n'avait rien entrepris à Thoune ni en aval pour s'adapter à la nouvelle situation. Les conséquences ne tardèrent pas à se manifester.

Au printemps 1714, Emanuel Gross demanda encore, en vain, qu'on fasse marche arrière avec les travaux. Il arrivait trop tard. Gross avait collaboré en son temps au projet de déviation de la Kander, mais en voyant qu'il était incomplètement mis en œuvre, il prit résolument ses distances. «Il devrait bientôt s'avérer», lança-t-il, «que les lois éternelles de la nature ne se laissent pas fléchir par les délibérations des Souverains Seigneurs et des Grands de Berne, et que la catastrophe est inévitable. En particulier, on n'aurait pas dû amener les énormes masses d'eau de torrents sauvages dans le lac de Thoune sans veiller préalablement à ce que son exutoire soit approprié!»

Des appels à l'aide émanèrent déjà de Thoune en août 1714, le lac ayant submergé son voisinage. D'autres inondations, de plusieurs jours, suivirent en juin 1715, juillet 1718, juin et décembre 1720. Enfin, quelque 200 habitants de Thoune et des environs se rendirent à Berne en 1720 pour exprimer «en pleurs» leur détresse aux souverains seigneurs. Ceux-ci approuvèrent alors un projet d'Emanuel Gross intitulé «Projet permettant de prévenir l'inondation de Thoune et des communes lacustres de ce lieu» (NEUMANN 1979).

Travaux d'adaptation à Thoune

Autrefois, la situation à Thoune se présentait de la manière suivante: dans le périmètre de la ville, l'Aar se composait de l'actuelle Aar interne et d'un fossé qui



Fig. 67 Pont en bois à contre-fiches, dans le secteur inférieur de la coupure de la Kander. Il remplace le pont en pierres contemporain du chantier qui s'est effondré en 1746 suite à des phénomènes d'affouillement.

s'en détachait au sud et la rejoignait en aval de la ville. Les deux chenaux étaient équipés à l'amont de seuils transversaux qui permettaient d'alimenter quelques moulins et de garantir un niveau suffisant pour la navigation lacustre. En basses eaux, seul l'ouvrage sur l'Aar interne était submergé. Les eaux de la rivière n'empruntaient le fossé que lorsque le débit était plus important. Mais la capacité totale était insuffisante pour les hautes eaux de l'Aar, si bien que chaque crue inondait les maisons du bas de la ville jusqu'au premier étage. Voyant cela, le gouvernement bernois acheta les moulins puis fit supprimer les seuils attenants en 1716. L'écoulement de l'Aar en fut accéléré dans la zone urbaine, avec l'érosion des berges et l'affouillement des culées et piliers des ponts que cela implique. La Sinnebrücke et quelques maisons s'effondrèrent peu après. Quant au but prioritaire, la prévention des inondations, il n'était pas atteint.

Mettant en œuvre le projet d'Emanuel Gross de 1720, on intervint premièrement sur le fossé, pour l'élargir et l'approfondir. Il fut nommé Nouvelle Aar ou Aar externe. Deuxièmement, le lit de l'Aar fut élargi de Thoune à Uttigen (section 11.3). Troisièmement, on remplaça les seuils des moulins supprimés par des écluses, qui permettent de régulariser l'écoulement. Elles devaient laisser libre passage aux crues de l'Aar, afin que le lac reste si possible au-dessous du niveau critique où il commence à causer des dommages. En période de moyennes et de basses eaux, elles devaient maintenir le niveau du lac à une cote normale (OBI 1916b).

Les écluses furent construites vers 1726 par des charpentiers. Celle de l'Aar interne comprenait 5 vannes levantes, contre 10 pour celle de l'Aar externe. L'écluse de l'Aar interne fut reconstruite en 1788 à l'aval de la Sinnebrücke, puis révisée en 1818. Celle de l'Aar

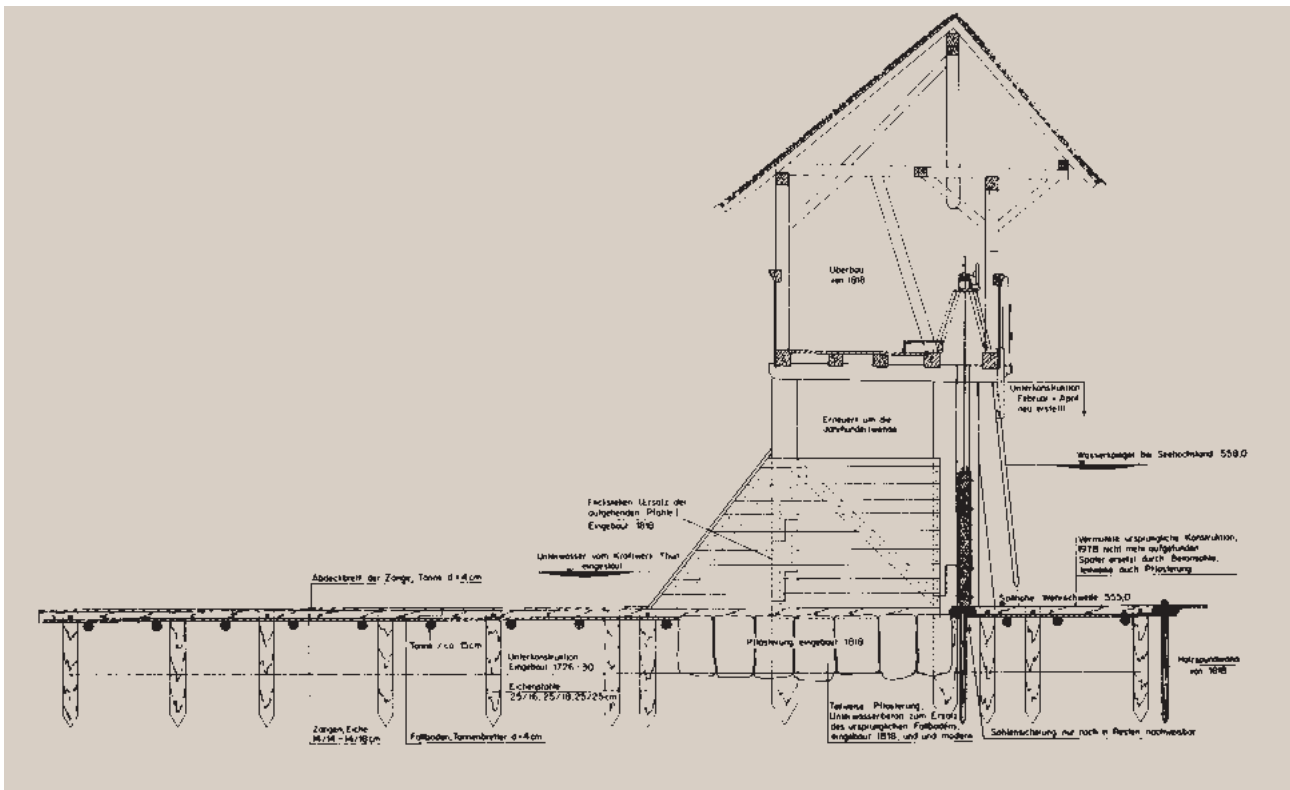


Fig. 68 Coupe de l'écluse qui équipait l'Aar externe à Thoune. Construite vers 1726 par le maître charpentier M. Maurer; entièrement refaite en 1818 selon des plans de H. C. Escher et J. G. Tulla; rénovée à plusieurs reprises depuis lors.

externe fut entièrement refaite la même année, sur la base de plans élaborés par Johann Gottfried Tulla (1770–1828) et Hans Conrad Escher (1767–1823), le tandem qui avait si bien réussi la correction de la Linth (NEUMANN 1979).

Ces mesures permirent d'améliorer progressivement la situation à Thoune et sur les rives du lac, si bien que les plaintes s'espacèrent et finirent par cesser. D'autres améliorations résultèrent de la correction de l'Aar de Thoune à Berne, réalisée au 19^e siècle. Cependant, au vu des inondations du lac de Thoune de 1999, il semble bien que le danger inhérent aux crues ne soit pas écarté définitivement.

Trop d'eau pour certains, pas assez pour les autres

Si les habitants de Thoune et les riverains du lac souffraient d'un excès d'eau, les villages situés sur l'ancien cours de la Kander étaient désormais à l'abri des crues. Mais c'est un lit asséché qui se déroulait sous leurs yeux. Ils ne pouvaient plus satisfaire à leurs besoins en eau de boisson et d'usage en la prélevant dans la rivière, selon l'usage couramment répandu à l'époque. Pour remédier à ce risque de pénurie, on dévia le Glütschbach, qui prend sa source dans la région du

Stockhorn. A l'époque, il se jetait dans la Kander en amont de la nouvelle coupure. Au prix d'une petite correction, il fut empêché de rejoindre la Kander et dirigé vers l'ouest, vers l'ancien lit de la Kander. Il y coule depuis lors, en passant par les villages d'Allmendingen, Thierachern, Uetendorf et Uttigen, déjà cités à plusieurs reprises, pour se jeter ensuite dans l'Aar.

Le bouc émissaire

Les habitants de Thoune et des rives du lac imputèrent leurs nouveaux malheurs à Samuel Bodmer, en particulier. Or il semble qu'il se soit cantonné dans la cartographie de la nouvelle situation depuis 1713 (MARTIG 1995). Le creusement de la galerie, qui a incontestablement accéléré le détournement de la Kander, avait été dirigé par Samuel Jenner. Et c'est Emanuel Gross qui avait été chargé des travaux complémentaires à Thoune, comme nous l'avons vu précédemment. Il est également clair que Gross ne s'en est jamais pris personnellement à Bodmer, mais – ce qui demande beaucoup plus de courage – à ces Messieurs de Berne qui avaient négligé, dans leur décision relative à la déviation de la Kander dans le lac de Thoune, de la compléter par une amélioration appropriée de l'écoulement de l'Aar. Les Thounois tournèrent malgré tout leur

colère vers Samuel Bodmer. Un chroniqueur écrivit en 1725: «... et si les Thounois avaient attrapé Bodmer, qui avait initié ce chantier ... ils l'auraient lapidé. C'est pourquoi il vendit son domaine d'Amsoldingen et déménagea pour assurer sa sécurité.»

Ainsi, on comprend mieux pourquoi aucun des chefs de travaux ne fut honoré par un monument. Certes, la déviation de la Kander résultait d'une idée géniale, mais elle fut entreprise bien inconsidérément et atteignit son but en passant par «une chaîne presque infinie d'erreurs et de fautes» (GROSJEAN 1971). Or ces erreurs, inhérentes à une véritable œuvre de pionniers, furent exploitées ultérieurement, dans plusieurs chantiers de correction de cours d'eau!

Fig. 69 La gorge de la Kander telle qu'elle se présente aujourd'hui. Vue dans le sens de l'écoulement.





Fig. 70 Les eaux de la Maag s'accumulent dans le lac de Walenstadt. Gravure à l'eau forte de J. H. Troll, vers 1800. Vue du Biberlikopf (colline à l'est de Ziegelbrücke) en direction du lac de Walenstadt et de Weesen.

7 La correction de la Linth de 1807 à 1816 pose de nouvelles références

7.1 Pourquoi le lit de la Linth est-il monté au 18^e siècle?

Les faits et leurs conséquences

Le lit de la Linth dans la plaine ayant subi un exhaussement de plusieurs mètres en quelques décennies, sa correction s'avéra nécessaire. En 1804, Hans Conrad Escher (1767–1823) parlait de 10 pieds (3 m) à Ziegelbrücke «pendant la seconde moitié du siècle passé», soit de 1750 à 1800. Puis il constatait que: «Selon l'avis unanime de tous les observateurs compétents et des habitants eux-mêmes, c'est dans l'exhaussement progressif du lit de la Linth et dans le fait que l'écoulement du lac de Walenstadt s'en trouve entravé, voire parfois bloqué, que réside la seule cause de cette affligeante transformation des plaines en marécages en amont et en aval du lac. ... Déjà, les marécages ne se limitent plus aux contrées plates des deux extrémités du lac; ils commencent à se propager dans toute cette large vallée qui s'étend sur quatre lieues jusqu'au lac de Zurich» (ESCHER 1804). Escher comptait certainement parmi cette métamorphose en marais les inondations qui affectaient Walenstadt et Weesen pendant plusieurs semaines ou mois, généralement en été. Au sujet des habitants, il écrivait: «Les malheureux! Non seulement ils voient leurs plus belles terres transformées en bourbiers nauséabonds; leurs propres villes et habitations sont la proie de ces terribles ravages; ils se déplacent en barques dans les rues de leurs villes; une fenêtre du premier étage doit être utilisée comme porte d'entrée; une mare pleine de hideuse vermine occupe ... une grande partie de l'année ... les rez-de-chaussée de leurs maisons, ...» (ESCHER 1804).

D'autres passages du même rapport déplorent la perte de voies de communication imputable aux inondations et à l'extension des marécages, ainsi que la détérioration des conditions de navigation entre les lacs de Walenstadt et de Zurich sur une Linth de plus en plus sauvage. Le processus d'exhaussement transformait inévitablement la Linth en une rivière instable à plusieurs bras (cf. section 2.1 sur la dynamique des rivières naturelles). Escher accordait également une grande importance à la dégradation de la santé par les maladies, en particulier la fièvre des marais, c'est-à-dire la malaria (section 2.2). SCHULER (1836) fournit des données quantitatives sur ce problème: «Au printemps 1808, dans plusieurs villages, la moitié des habitants souffraient de fièvres.»

Facteur aggravant, on n'était pas confronté aux effets de crues temporaires, comme dans nombre d'autres plaines fluviales ou lacustres, mais à l'évolution continue d'un préjudice qui se manifestait surtout en

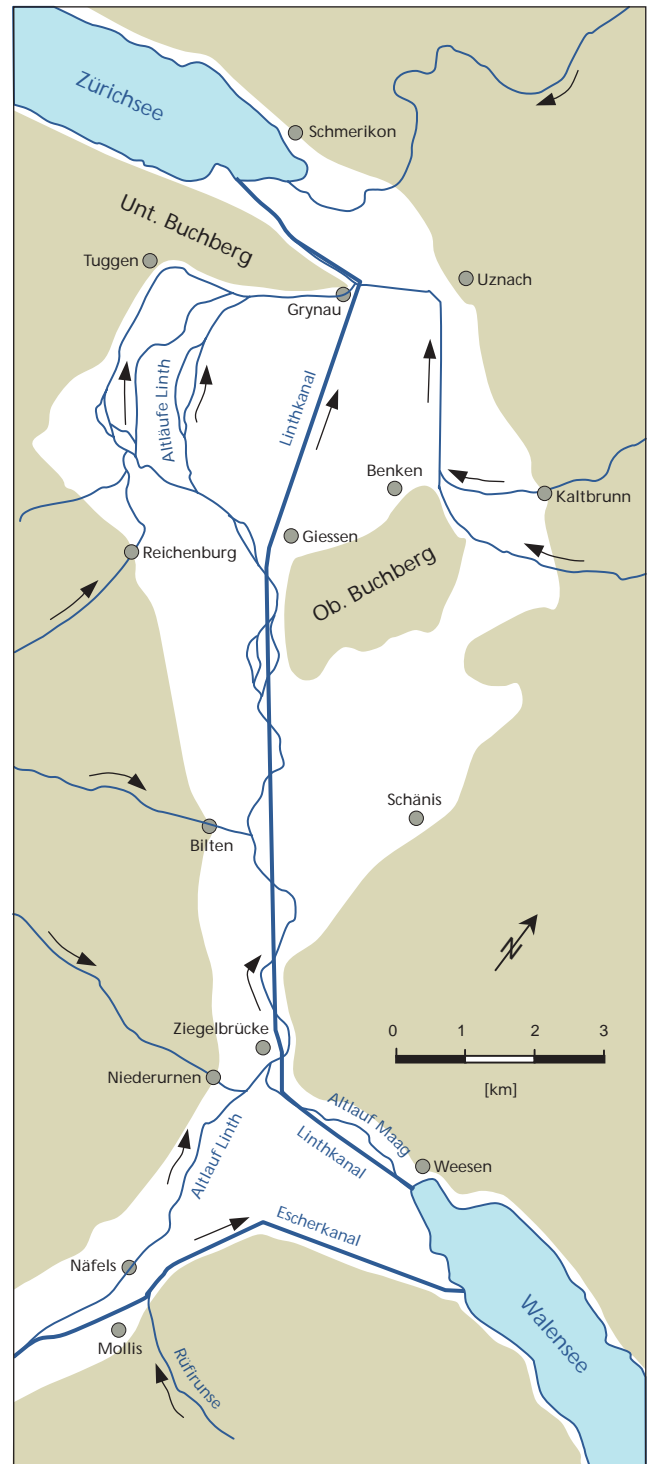


Fig. 71 Situation de la plaine de la Linth. On y voit les bras abandonnés par la correction de la Linth de 1807 à 1816, ainsi que le canal de Mollis (actuellement canal Escher) et le canal de la Linth datant de la correction.



Fig. 72 Rues de Weesen lorsque le niveau du lac était «moyennement élevé». Dessin de H. C. Escher, 1808, gravé à l'eau forte par J. H. Meyer.

période de crue. Les personnes âgées se souvenaient de temps meilleurs – localités à sec, terres plus fertiles, air plus sain – et il fallait s'attendre à ce que le lit de la Linth continue de monter, avec la dégradation des conditions de vie que cela implique.

Une petite digression géologique

A l'issue de la dernière glaciation, il y a environ 12'000 ans, les lacs de Walenstadt et de Zurich étaient encore réunis. Puis les rivières et les torrents se mirent à les rétrécir et à les détacher. C'est certainement la Linth qui a joué le rôle prépondérant dans cette séparation, en comblant la plaine avec les énormes quantités de matériaux solides qu'elle charriait à partir de son bassin d'alimentation. Si l'on considère la forme et l'extension de la plaine de la Linth, on est amené à conclure que le processus devait être très dynamique. Deux questions se posent donc dans le contexte de la correction de la Linth:

Pourquoi les niveaux du lac de Walenstadt et de la plaine de la Linth à Ziegelbrücke sont-ils restés aussi stables durant une période qui a sans doute duré plusieurs siècles? C'est en effet de cette période que datent la fondation de localités telles que Walenstadt et Weesen, et l'utilisation intensive du terrain par l'agriculture. Et pourquoi cette stabilité avait-elle disparu au 18^e siècle, où la Linth se mit à monter?

Une étude récente de SCHINDLER (2002) traite notamment de ces questions. Analysant la genèse de la plaine de la Linth, elle arrive à la conclusion que la situation est restée stable approximativement de 3000 av. J.-C. à 1600 apr. J.-C., et en fournit les raisons. Après avoir examiné minutieusement les causes de la rupture d'équilibre au 17^e siècle, l'auteur formule une nouvelle hypothèse pour l'expliquer. Avant de la décrire, il y a lieu de présenter les hypothèses ayant eu cours jusqu'ici.

L'influence de l'être humain

Il semble qu'Escher, le promoteur des travaux de la Linth, ne se soit pas vraiment prononcé sur les causes de l'exhaussement du lit de la rivière. On trouve un premier renseignement à ce sujet dans la brochure d'un auteur inconnu parue en 1821 (LINTH-ESCHER-GESELLSCHAFT 1993): «On pense avoir remarqué que le début de cette période de dévastation coïncide avec l'implantation des manufactures et de l'artisanat dans le canton de Glaris, lesquels occasionnent une destruction imprudente de la couverture forestière qui protégeait les versants raides contre l'érosion, les laves torrentielles et les glissements de terrain.»

Ce soupçon enraciné dans le 18^e siècle se mua ultérieurement en opinion généralement admise. De nombreux auteurs y ont fait référence pour expliquer l'exhaussement du lit inférieur de la Linth. Comme déjà signalé à la section 1.2, la surexploitation forestière fut largement invoquée dès le milieu du 19^e siècle, également pour expliquer d'autres phénomènes naturels («paradigme du déboisement»). Précisons ici qu'une coupe rase exerce effectivement un impact défavorable sur les crues, car elle réduit la capacité de rétention des précipitations et surtout des matières solides. La question est de savoir dans quelle mesure. Le déboisement avait-il une ampleur suffisante pour mettre un terme aussi rapidement à la période de stabilité qui a régné dans la plaine de la Linth pendant plusieurs millénaires?

SCHINDLER (2002) nourrit des doutes à ce sujet. Il fait remarquer que le pays glaronnais avait déjà subi une déforestation au moins aussi importante au cours du 16^e siècle, sans que la Linth n'y réagisse. L'objectif était



Fig. 73 La Linth en amont de Ziegelbrücke en 1796. Aquaretine de F. Hegli, d'après une aquarelle de A. Benz. On y voit l'exhaussement de la Linth et des haleurs qui remorquent une barque contre le courant, tandis qu'un bateau à voile passe devant l'embouchure de la Maag.

alors de se procurer du bois de feu pour traiter le minerai de fer et de défricher des surfaces pour aménager des pâturages.

Le futur ingénieur de la Linth Gottlieb Heinrich Legler (1823–1893) crut avoir discerné une autre influence humaine dans les travaux de resserrement et de rectification de la Linth de Netstal à Mollis. Réalisés en plusieurs étapes, ils ont abouti à ce que les matériaux charriés ne puissent plus se déposer sur ce tronçon, si bien qu'ils étaient emportés dans la plaine de la Linth (LEGLER 1868). Mais dans ce cas également, on est en droit de se demander si l'ampleur du phénomène est vraiment significative.

Il est probable que ces deux facteurs ont contribué dans une certaine mesure à l'exhaussement du lit de la Linth, d'autant plus que leurs effets furent accentués par la recrudescence des fortes précipitations du 18^e siècle. Dans les chroniques, on trouve surtout mention des crues survenues à partir de 1762.

La disparition du lac de Tuggen

Comme déjà signalé, le comblement de la plaine de la Linth, initié à la fin de la dernière période glaciaire, a été très dynamique. En particulier, le cône d'alluvions de la Linth n'a pas toujours simplement progressé en direction du lac de Zurich. Comme on l'apprend dans

SCHINDLER (2002), la région de Ziegelbrücke a connu quatre phases importantes concernant l'évolution des niveaux pendant les deux derniers millénaires:

- D'abord, le lac de Zurich s'étendait si loin vers l'est qu'il contournait le Buchberg à hauteur de Grinau, pour atteindre la région de Tuggen et de Reichenburg. Il comprenait donc une baie dite de Tuggen.
- Vers 1000 apr. J.-C., les alluvions de la Linth repoussèrent le lac de Zurich de telle sorte que la baie de Tuggen fut coupée et qu'il en résulta un lac de Tuggen.
- Puis la Linth se jeta dans le lac de Tuggen, avec tous les matériaux qu'elle charriait, si bien qu'elle finit par le combler. D'anciennes cartes et certains affleurements géologiques indiquent que ce lac avait encore une superficie supérieure à 4 km² vers 1450 (soit plus que le lac de Pfäffikon). Mais il était sans doute fort peu profond.
- Dès les environs de 1550, le lac de Tuggen étant entièrement comblé, la Linth dut traverser la nouvelle plaine jusqu'à Grinau pour rejoindre le lac de Zurich. Son cours inférieur s'en trouva rallongé de 4 km.

Durant les trois premières phases, il semble que la Linth ait pu entraîner les matériaux qu'elle charriait jusqu'à son embouchure sans que son lit ne s'élève

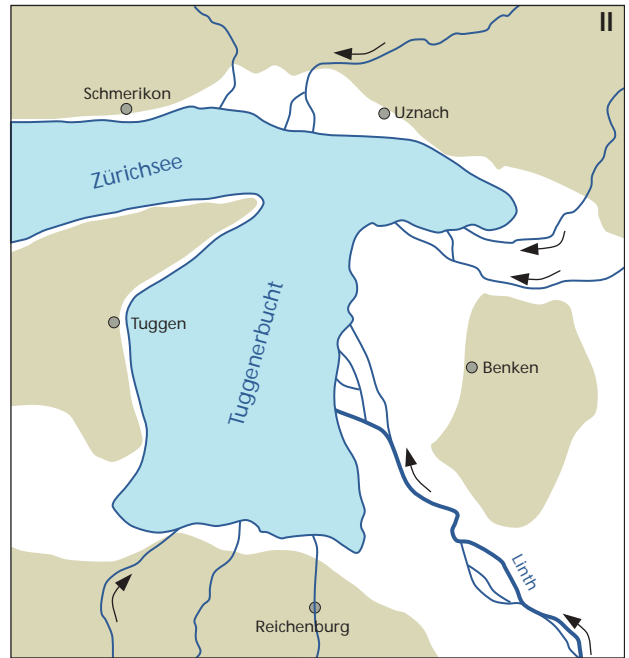
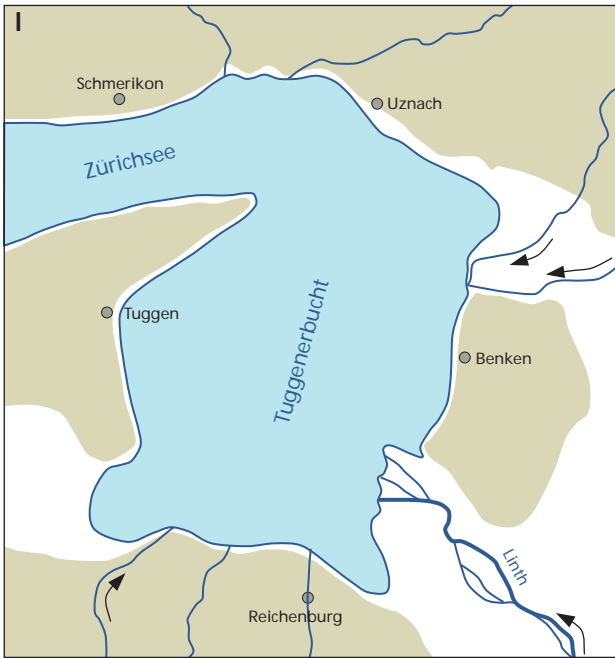
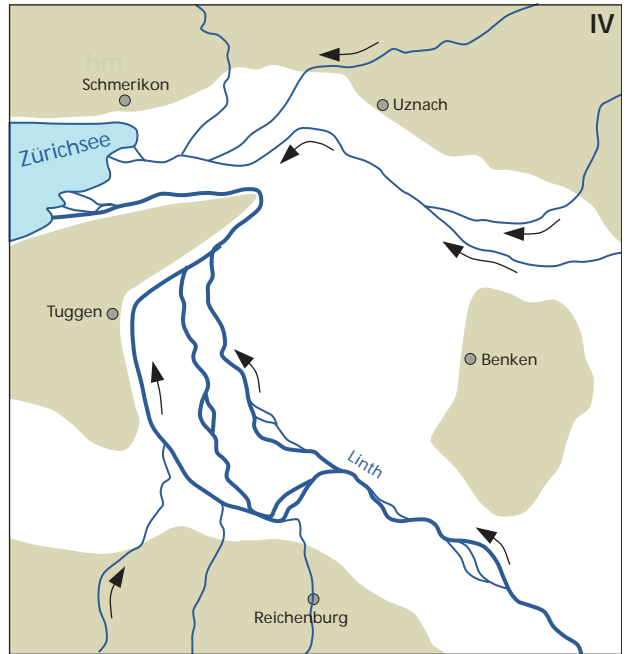
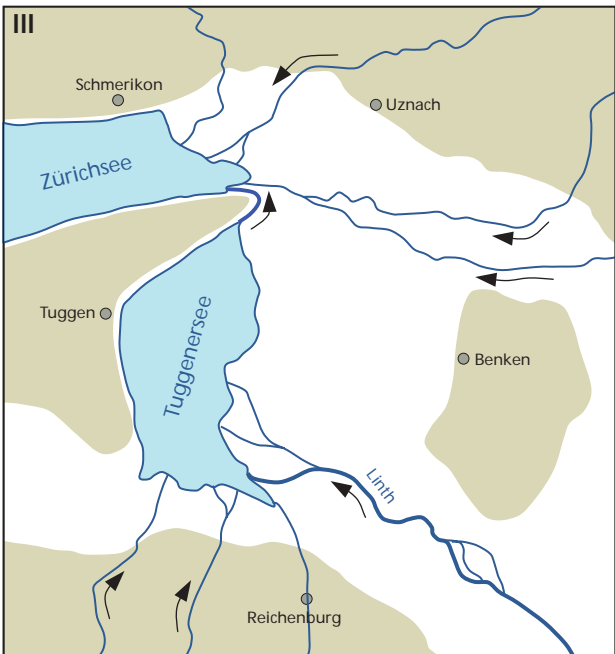


Fig. 74 Esquisses de l'évolution de la plaine de la Linth dans la région de Tuggen. Baie de Tuggen à la fin de la période romaine (I) et vers l'an 1000 (II), lac de Tuggen vers 1450 (III), lac de Tuggen comblé vers 1550 (IV).



notablement. C'est pourquoi la hauteur des fonds est restée stable à Ziegelbrücke durant cette période. La quatrième phase fut celle du changement, car le cours inférieur de la Linth avait subi un allongement relativement rapide de 4 km. La déclivité de la partie inférieure du cône d'alluvions étant de 0,6 à 0,8 ‰, le lit de la Linth monta en parallèle de 2,4 à 3,2 m, ce qui ne tarda pas à se faire ressentir en amont. A Ziegelbrücke, le fond de la rivière subit un exhaussement notable en quelques décennies; d'après Escher, il fut, comme signalé plus haut, de 3 m pour la période de 1750 à 1800.

Cet exhaussement du lit de la Linth obstrua l'écoulement du lac de Walenstadt et provoqua une recrudescence des inondations de la Linth qui essayait de se frayer de nouveaux chemins. De plus, les torrents latéraux ne pouvant plus se jeter dans la Linth débordaient et cherchaient eux aussi de nouveaux tracés. Bref, un processus s'installa qui aurait dû exhausser la plaine de la Linth jusqu'au niveau correspondant au nouveau lit de la rivière. La stabilité millénaire de la plaine de la Linth a donc été rompue au 18^e siècle dans la région de Ziegelbrücke. Il en a résulté les calamités déjà décrites, à savoir la recrudescence des inondations et des épandages d'alluvions ainsi que l'extension des marécages dans la région qui s'étend de Walenstadt au lac de Zurich!

7.2 Etudes en vue d'abaisser le lit de la Linth, travaux préparatoires

Des propositions de correction et le projet d'Andreas Lanz de 1784

En 1760 déjà, le bailli Stanislaus Alois Christen d'Unterwald (décédé en 1787), qui résidait à Sargans, avait attiré l'attention de la Diète fédérale sur les ravages causés par les eaux dans la région de la Linth. Mais il n'en résulta aucune disposition concernant des constructions. A ce sujet, une remarque figurant dans la chronique d'un pasteur glaronnais en 1774 mérite d'être citée: «On a déjà discuté fréquemment de propositions visant à diminuer le niveau du lac de Walenstadt et arracher les basses terres de la région aux marécages. Un mathématicien avisé aurait tenu pour possible et faisable d'acheminer la Linth dans le lac au-delà du Walenberg, puis de conférer un exutoire suffisant au lac en tirant parti de la Maag, plus profonde, et de plusieurs canaux. Mais un tel projet suscite tant de difficultés, critiques et obstacles que nous le tenons pour un rêve» (BECKER 1911). Qui peut bien être ce

«mathématicien»? Il pourrait s'agir de Hans Conrad Römer (1724–1779) de Zurich ou d'Andreas Lanz (1740–1803) de Rohrbach, près de Huttwil. Römer, qui portait le titre de capitaine-ingénieur, était responsable des fortifications de la ville de Zurich depuis 1765. L'aménagement des routes et des cours d'eau zurichois lui incombait également (KAISER 1990). Lanz, qui a dû passer au moins une partie de sa jeunesse à Zurich ou dans ses environs, travailla dès 1770 comme géomètre en pays zurichois et bernois. En 1783, il prit la direction de l'Ecole bernoise d'artillerie, nouvellement créée (ZAUGG 1993).

Voyant que la situation ne cessait d'empirer, le bailli de Sargans – il s'agissait alors de Samuel Wagner (1730–1803) de Berne – prit à nouveau ses responsabilités en 1781. Il adressa un rapport à la Diète fédérale, qui déboucha en 1783 sur un mandat confié au géomètre bernois et futur capitaine d'artillerie Andreas Lanz (1740–1803), dont il a déjà été question. Lanz devait élaborer d'éventuelles mesures d'assainissement. Il étudia les conditions locales – notamment en nivelant la région et en dressant un plan – et soumit ses résultats en 1784 déjà. Ils revêtaient essentiellement la forme d'un plan intitulé «Plan géométrique d'une partie du lac de Walenstadt avec son émissaire et la réunion des Linth de Glaris et de Weesen, accompagné de dessins de projets pour remédier à l'entrave à l'écoulement du lac de Walenstadt». Ce plan proposait quatre solutions. La première consistait à dévier la Linth de Glaris dans le lac de Walenstadt en longeant le Walenberg. Les trois autres prévoyaient de canaliser la Linth de Glaris sur un tronçon plus ou moins long dans la région de Ziegelbrücke et d'en faire autant pour la Linth de Weesen qui s'y jetait à cet endroit (ZAUGG 1993). Cette dernière, qui n'est autre que l'émissaire du lac de Walenstadt, était habituellement nommée la Maag. Lanz souligna le fait que seule la première solution permettrait d'atteindre le but fixé à long terme. Mais elle était aussi de loin la plus onéreuse. La Diète, dont les compétences étaient limitées en matière financière, traita le projet «ad referendum» – elle en prit connaissance sans prendre de décision. Cette politique est symptomatique à deux égards. Elle souligne la faiblesse constitutionnelle du gouvernement suisse de l'époque, qui n'était pas en mesure de réaliser des travaux par-delà les frontières des anciens cantons et de leurs baillages communs. Et elle reflète le manque de compréhension vis-à-vis des besoins d'une population rurale démunie sous l'Ancien Régime.

Hans Conrad Escher de Zurich, le promoteur

Dans les milieux qui continuèrent de promouvoir l'assainissement de la région de la Linth figure Johann

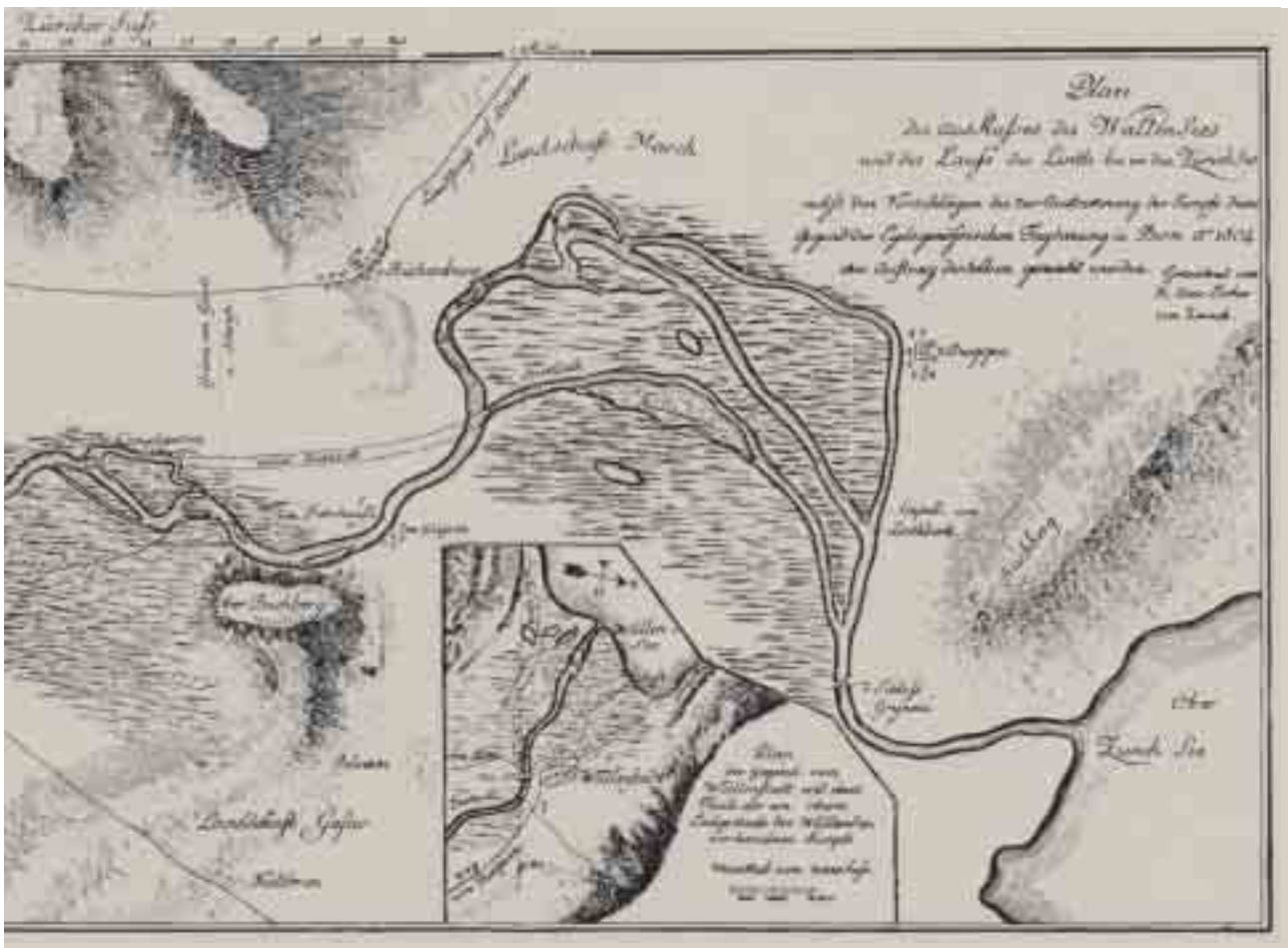


Fig. 75 Plan de H. C. Escher pour la partie inférieure du canal de la Linth (1804). Sens de l'écoulement: de gauche à droite. Le plan montre le projet original, mais ce fut un tracé tendu, avec une liaison directe de Giessen à Grinau (tronçon de Benken), qui fut réalisé. La vignette indique l'extension des marécages dans la région de Walenstadt.

Rudolf Meyer (1739–1813), un négociant et industriel d'Aarau. En 1792, il réalisa des investigations sur place à ses propres frais, dans l'optique d'un aménagement des cours d'eau incriminés. Puis il présenta un exposé poignant sur la détresse de la population à la Société helvétique qu'il présidait. Cette société se préoccupait de l'identité de la Suisse (patriotisme) et de sujets d'intérêt national. Elle revint sur le problème de la Linth lors de son assemblée de 1793, ce qui incita un jeune participant, Hans Conrad Escher (1767–1823) de Zurich, à s'en occuper (SOLAR 1998). Escher parcourut la plaine de la Linth en 1793, avec le capitaine des mines bernois Johann Samuel Gruner (1766–1824) qu'il connaissait bien. Il acquit la certitude que seul le détournement de la Linth dans le lac de Walenstadt, selon le projet de Lanz, pourrait s'avérer fructueux. Puis il s'efforça de gagner les responsables à l'idée de sa réalisation. A mi-1797, il transmet un rapport imprimé à la Diète (SOLAR 1998).

Mais cette Diète était la dernière de l'Ancien Régime, si bien que les choses en restèrent là. 1798 vit l'instauration de la République helvétique, suite à la Révolution française et à l'occupation de certaines régions suisses par des troupes françaises. Le nouveau régime confia de hautes charges, entre autres à Escher, et son Directoire s'intéressa notamment au problème de la Linth. Il fit étudier la région par l'ingénieur Jean-Samuel Guisan (1740–1800) d'Avenches. Achevé fin 1798, son «Rapport sur les Débordements de la Linth» confirmait le projet de Lanz. Mais les temps étaient trop agités pour que sa réalisation fût possible, d'autant plus que des armées étrangères se battirent sur sol suisse en 1799. La région de la Linth pâtit comme d'autres de cette période d'occupation et de batailles. La situation ne changea que lorsque le calme fut quelque peu revenu en Suisse et que la République helvétique centralisée fut remplacée, en 1803, par un système fédéraliste régi par l'Acte de Médiation. La Diète réintroduite nomma un comité de planification

avec Escher à sa tête, à l'instigation des cantons de Glaris et de St-Gall. Se basant sur ses conclusions, elle décida en 1804: premièrement de détourner la Linth dans le lac de Walenstadt selon le projet de Lanz et d'approfondir la Maag jusqu'à Ziegelbrücke; deuxièmement d'agir elle-même comme maître de l'ouvrage; troisièmement de financer les travaux en émettant des actions. La direction opérationnelle fut confiée à une commission de surveillance présidée par Escher. Elle comprenait également Conrad Schindler (1757–1841) de Mollis, député au Grand Conseil de Glaris (NOSEDA 2000 et 2001).

L'évolution des guerres en Europe entraîna l'occupation des frontières en 1805, des crues dévastatrices en Suisse centrale et l'éboulement de Goldau en 1806 exigèrent de concentrer les secours dans d'autres régions, si bien que les travaux ne commencèrent qu'en 1807. A la demande de la Diète, Escher ainsi que le théologien et philosophe bernois Johann Samuel Ith (1747–1813) rédigèrent en 1807 un «Appel à la nation suisse pour sauver les habitants des rivages du lac de Walenstadt et de la vallée inférieure de la Linth qui ont

sombré dans la misère à cause de l'extension des marais». D'après THÜRER (1966), cet écrit de 13 pages doté de riches annexes, qui allie «la clarté d'une expertise à l'appel du cœur» est l'un des documents les plus remarquables de l'histoire suisse. Il présentait de manière poignante la situation qui régnait dans la région de la Linth, commentait le projet de correction – en faisant la référence au détournement de la Kander et de la Lütchine mentionnée à la section 5.2 – et en appelait à la solidarité. Son retentissement dépassa toutes les espérances. En quelques mois, plus de 2000 actions à 200 anciens francs furent souscrites, au lieu des 1600 prévues. Les souscripteurs étaient des cantons, des communes, des institutions religieuses, des entreprises et des particuliers en grand nombre. Ainsi, le financement des travaux était assuré.

7.3 L'exécution des travaux

L'expert en aménagements fluviaux Johann Gottfried Tulla de Karlsruhe

D'où provenaient les connaissances techniques nécessaires pour mener à bien les travaux? L'ingénieur et astronome zurichois Johannes Feer (1763–1823) fournit les données géométriques en opérant un nivellement de précision. Il comptait parmi ses assistants le futur ingénieur-colonel Johann Heinrich Pestalozzi (1790–1857) de Zurich, qui s'exprimera plus tard sur les bases techniques disponibles en matière d'aménagement des cours d'eau (PESTALOZZI 1852): «Lorsque ... il fallut procéder à l'exécution des travaux (de la Linth), un manque notable de personnel et de moyens techniques se fit ressentir. A cette époque, l'aménagement des cours d'eau était encore peu développé en Suisse; les hydrotechniciens faisaient défaut partout; on manquait de surveillants de chantiers et les simples ouvriers n'étaient pas familiers de nombreux travaux à réaliser sur la Linth, comme la pose de fascines et autres tâches de ce genre. Escher lui-même avait bien acquis maintes connaissances en matière d'aménagement hydraulique au cours de ses études en sciences naturelles, mais la théorie et la pratique de l'hydrotechnique lui étaient totalement étrangères, et il n'avait encore jamais dirigé de chantier de construction.» Conscients de ces difficultés, les responsables s'assurèrent la collaboration d'un expert compétent. Pour les travaux fluviaux – ou la partie hydrotechnique, comme on disait autrefois –, la Diète fit appel à l'«inspecteur des endiguements du Rhin du Grand-Duché de Bade et ingénieur-major Johann Gottfried Tulla» (1770–1828) de Karlsruhe, qui fut «prêté» par le Grand-Duc

Fig. 76 Action de la Linth d'une valeur nominale de 200 francs, délivrée au commerçant glaronnais Caspar Blumer, à Petersburg.



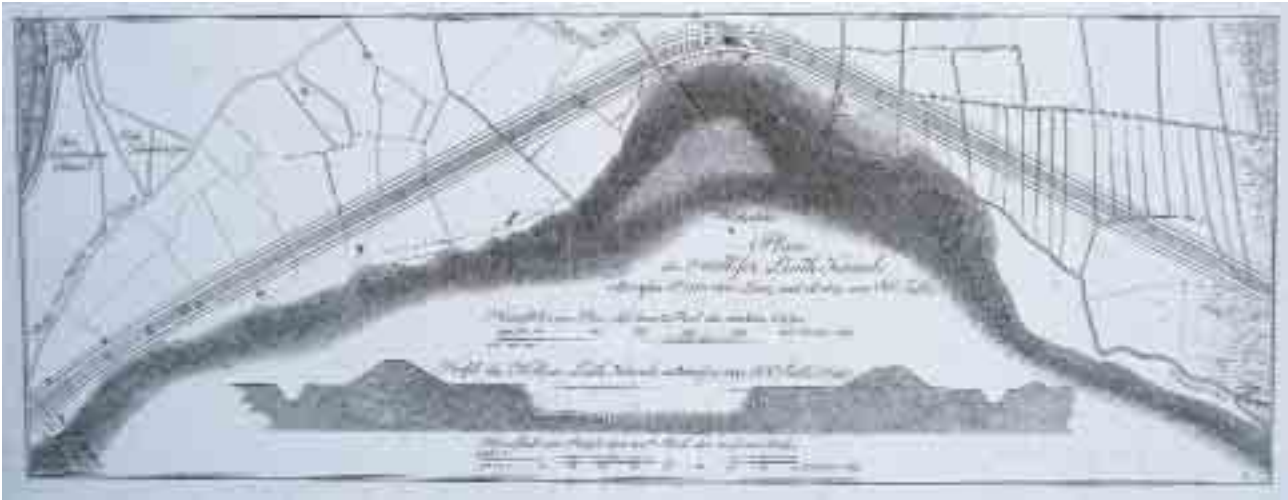


Fig. 77 Plan du canal de Mollis, «projeté par Lanz en 1783 et par J. G. Tulla en 1807» (sens de l'écoulement: de gauche à droite) et coupe transversale «projetée par J. G. Tulla en 1807». La coupe présente un profil double accompagné de canaux d'assainissement.

de Bade pour une brève période. Ce spécialiste chevronné des travaux fluviaux – Escher voyait en lui un des «Wasserbaumeister» les plus compétents de notre époque (HOTTINGER 1852) – se rendit sur la Linth en septembre 1807, en compagnie d'un assistant, l'ingénieur-géomètre Johann Christian Obrecht (1778–?). Il entreprit immédiatement de nombreux levés de profils et mesures de débits. Puis il reprit le projet soumis par Lanz en 1784 et l'affina de façon à ce qu'il puisse être mis à exécution. Il présenta un projet de construction trois mois à peine après son arrivée, puis ses fonctions officielles le rappelèrent dans le pays de Bade. Il confia quelques missions de mensuration et de direction de travaux à Obrecht, qui resta sur le chantier durant cinq mois en 1807 et à nouveau en 1808. Tulla ne visita plus qu'une fois les lieux, pendant quelques semaines, en 1808. Pour aider à la réalisation des travaux manuels, Tulla et Obrecht emmenèrent avec eux «deux poseurs de fascines expérimentés du pays de Bade» (VISCHER 2000a).

Avec Tulla, la technique moderne pour l'époque de l'aménagement des cours d'eau pénétra en Suisse (chapitre 3). Sa disponibilité limitée incita Escher à prendre sa succession, en plus de ses obligations déjà fort astreignantes. Il tira profit de ses contacts avec Tulla et Obrecht pour s'initier rapidement à l'ingénierie fluviale, à tel point qu'il reçut une reconnaissance élogieuse de Tulla dans une lettre datant de 1808 (PESTALOZZI 1852). Dès lors, Escher réalisa pratiquement seul toutes les nouvelles études du projet, en plus de la gestion des contrats et de la comptabilité. Mais il partagea la direction locale des travaux avec Conrad Schindler, de la commission de surveillance. Et le géomètre Johann Rudolf Diezinger (1770–1847), de

Wädenswil, était à disposition pour les travaux de mensuration.

Plus tard, tant Tulla qu'Escher furent appelés, individuellement ou conjointement, comme experts pour d'autres corrections fluviales en Suisse.

Les travaux sur les canaux de Mollis et de la Linth

Le détournement des eaux de la Kander avait augmenté l'apport annuel dans le lac de Thoune de 60 %, mais on avait commis l'erreur d'y acheminer la rivière sans accroître au préalable la capacité d'écoulement du lac (chapitre 6). Ici, il s'agissait de dévier la Linth dans le lac de Walenstadt, en augmentant le débit annuel entrant de 160 % (SCHNITTER 1992). Echaudé par l'expérience de la Kander, on s'attaqua simultanément aux canaux d'entrée et de sortie.

Les travaux commencèrent au début août 1807 par le creusement du canal de la Linth à Ziegelbrücke, le goulet d'étranglement du système. Le chantier du canal de Mollis (aujourd'hui canal Escher) fut ouvert un mois plus tard.

Comme signalé au chapitre 3, les méthodes les plus récentes ont été appliquées pour dimensionner les profils des canaux: la formule d'Eytelwein (nommée ultérieurement formule de Chézy) a permis de relier la vitesse avec la pente et la section d'écoulement. La vitesse d'écoulement a été déterminée à l'aide d'un moulinet de Woltman dans des profils choisis. Et l'on pouvait se baser sur des cartes et des nivellements de qualité pour mesurer les pentes. C'est uniquement pour le calcul du charriage qu'on ne disposait d'aucune base fiable, si ce n'est toutefois d'un point de repère pour

déterminer la force d'entraînement du courant. Enfin, on ignore si l'équation de continuité a été utilisée pour calculer la capacité de rétention du lac de Walenstadt, dont la superficie dépasse les 20 km², ou si on s'est contenté d'estimations (VISCHER 2000b).

D'une longueur de 5 km (pour 6,4 aujourd'hui), le canal de Mollis fut construit en profil double. Selon Legler (1868), son dimensionnement s'est référé à une crue de 15'000 pieds cubes par seconde, soit 405 m³/s (section 3.2). Pour prévenir l'inondation de la plaine de la Linth en cas de très hautes eaux, on conféra une hauteur inférieure d'un pied (0,3 m) à la digue droite, qui longe le Walenberg. Aujourd'hui, le jargon technique qualifierait une telle mesure de digue submersible ou plus généralement de section de rupture privilégiée.

Les digues elles-mêmes n'ont pas été conçues au hasard. Elles se composaient de matériaux limono-graveleux généralement extraits sur place, qui ont été «battus» pour être compactés, du moins superficiellement (LINTH-ESCHER-GESELLSCHAFT 2000). La protection contre l'érosion s'est limitée à la pose de mottes de gazon. En revanche, les berges du chenal central ont été recouvertes d'un pavage les préservant de la force

d'entraînement du courant. Il en a été de même pour le fond du lit, lorsqu'il était sableux. La plupart des blocs de calcaire nécessaires au pavage ont été ramassés dans des éboulis au pied du Walenberg, puis taillés de manière adéquate. D'autres blocs de calcaire, extraits d'une carrière située sur le flanc opposé, ont été amenés sur des charrettes en franchissant le pont de Näfels.

La Linth a été corrigée sur près de 2 km en amont de l'embranchement, afin de réaliser la transition vers le canal de Mollis. On s'est livré à d'ingénieuses réflexions pour ralentir les gros blocs charriés de telle sorte qu'ils soient abrasés naturellement. Ils ne devaient pas emprunter le canal de Mollis dans toute leur taille, au risque d'y provoquer des atterrissements (PESTALOZZI 1852). Mais la rapidité du phénomène d'abrasion a été surestimée à l'époque, comme d'ailleurs jusque dans les années 1980.

Plusieurs problèmes se sont posés à l'extrémité inférieure du canal de Mollis. Le terrain était marécageux et pratiquement plat, si bien qu'il a fallu ériger un remblai pour maintenir la pente du canal, qui devait être uniforme. Par ailleurs, on avait prévu qu'un delta se formerait à l'embouchure du canal dans le lac de

Fig. 78 Travaux sur le canal de Mollis. Le dessinateur pourrait être K. Schindler, le fils de Conrad Schindler.



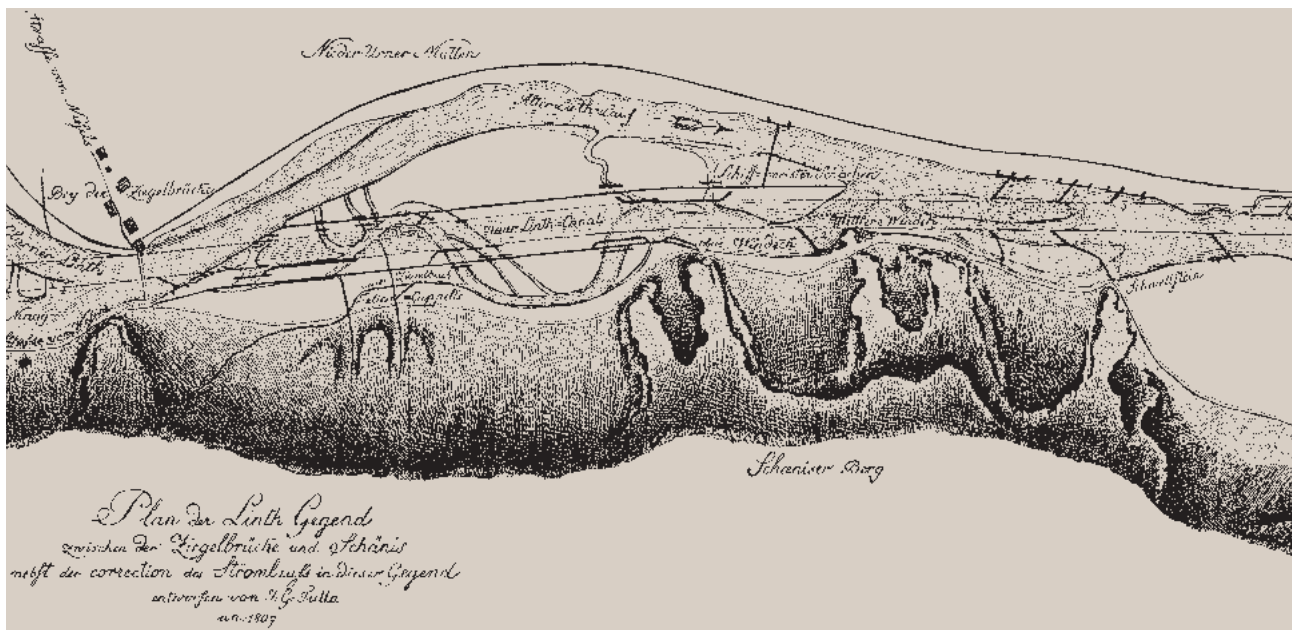


Fig. 79 «Plan de la région de la Linth entre Ziegelbrücke et Schänis, avec la correction du tracé de la rivière dans cette région, anno 1807» élaboré par J. G. Tulla. Dessin de G. Breitlinger.

Walenstadt et qu'il y prolongerait son cours. On s'attendait donc à devoir réaliser des travaux de canalisation dans l'avenir (VISCHER 1986), mais on ne pouvait pas prévoir quand, à défaut de théorie sur le charriage. Signalons enfin que le canal de Mollis a été bordé sur certains tronçons de canaux d'assainissement qui devaient recueillir les éventuels écoulements de filtration du nouveau cours de la Linth et maintenir la nappe phréatique de la plaine à un niveau convenable.

Le canal de Mollis fut construit à travers champs, pratiquement sur l'herbe. En revanche, le canal de la Linth vint longer la Maag et l'ancienne Linth sur 13 de ses 17 km, si bien qu'il a pratiquement consisté en une rectification de ces deux rivières. Seul le tronçon de 4 km séparant Giessen de Grinau traversait la campagne. Mais on peut également le considérer comme la coupure d'un méandre de la Linth qui se déployait jadis plus à l'ouest et l'inclure dans la rectification.

Fig. 80 Le canal de Mollis achevé, vu en remontant le courant. Dessin de H. C. Escher, 1816.



Cette configuration explique pourquoi le canal, qui recoupe plusieurs fois la Linth, exigea des modes de construction très variés et surtout une subdivision judicieuse en douze tronçons.

Le canal de la Linth reçut également un profil double. Mais son chenal central fut dimensionné pour un débit plus élevé, en raison de la taille supérieure de son bassin versant. Par contre, en tenant compte de la capacité de rétention du lac, on put se baser sur une crue de référence de seulement 10'000 pieds cubes par seconde, soit 270 m³/s, pour dimensionner l'ensemble du profil (LEGLER 1868). La pente était en moyenne trois fois plus faible ici, mais elle a été adaptée à la topographie, plus forte à l'amont vers Ziegelbrücke et plus faible à l'aval vers Grinau. Les cotes devaient répondre à deux impératifs: le lac de Walenstadt devait être abaissé de 6 pieds (1,8 m) et le lit de la Linth à Ziegelbrücke de 16 pieds (4,8 m). Comme l'eau provenait du lac de Walenstadt, et ne charriait donc pas de matériaux, les atterrissements étaient moins à craindre que les offensives de l'érosion et la formation de bancs localisés.

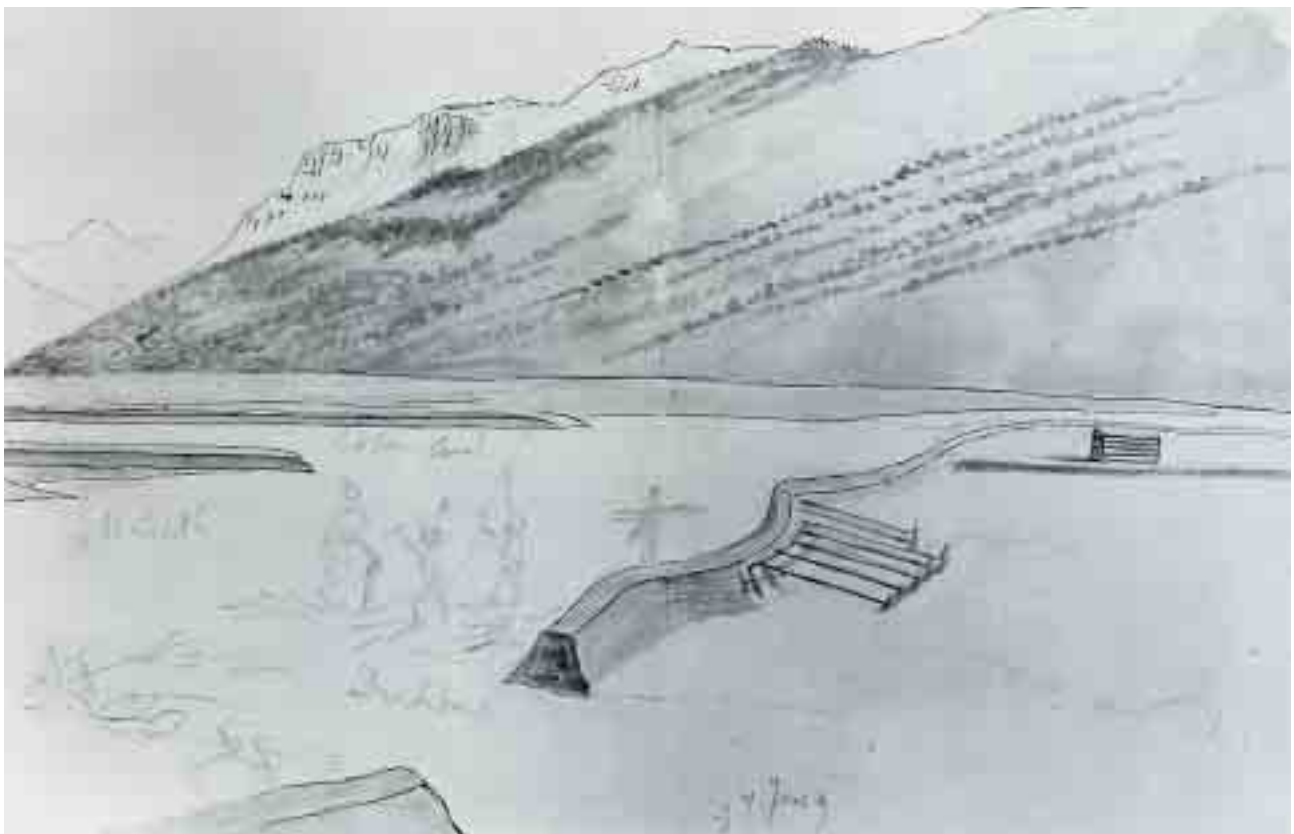
De conception similaire à celles du canal de Mollis, les digues du canal de la Linth étaient protégées contre

l'érosion par une simple couverture herbeuse. Il semble que le chenal central n'ait jamais eu de revêtement, car il avait été façonné en grande partie par le courant qui avait entraîné les matériaux. Les digues érigées sur des terrains tourbeux ont subi d'importants tassements, qui ont généralement requis des retouches répétées.

La digue droite a été renforcée pour accueillir le chemin de halage des embarcations. En plus des digues, le canal de la Linth était longé dans toute la plaine par deux canaux d'assainissement qui recueillaient les eaux de percolation ainsi que les ruisseaux latéraux. Ils interdisaient l'accès des digues et du lit majeur au bétail, prévenant ainsi les dommages dus au piétinement (VISCHER 1986).

Tous les travaux furent réalisés à la main, en utilisant les méthodes, outils et moyens de transport typiques de ce procédé mentionnés au chapitre 4. Pour aménager le canal de la Linth, on mit la rivière à contribution, en lui laissant le soin d'évacuer une grande partie des matériaux d'excavation par affouillement. Les ouvrages-guides nécessaires pour diriger le courant furent construits avec des fascines. Lorsque le lit résistait, on l'ameublissait avec des rames spéciales. Longues,

Fig. 81 Rupture de digue sur l'ancienne Linth, à Schänis. Esquisse de H. C. Escher, juin 1809. La brèche s'est formée lors d'une crue à une intersection avec le canal de la Linth (tronçon de canal de Cölen).



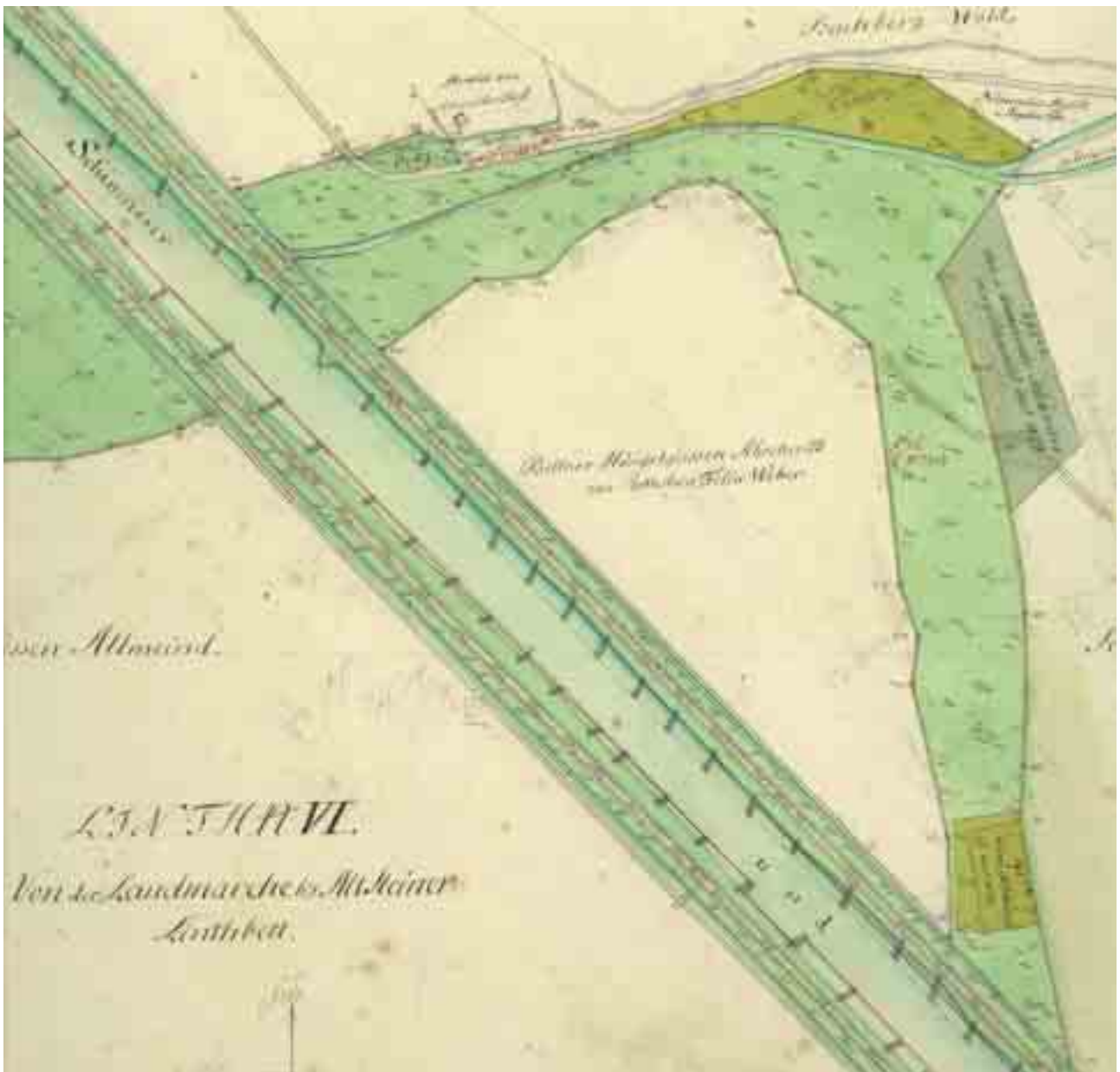


Fig. 82 Canal de la Linth «von der Landmarche bis Alt Steiner Linthbett» (au nord de Bilten). Extrait du plan de la Linth de C. Salvetti, 1843. Sens de l'écoulement: du bas à droite vers le haut à gauche.

lourdes, avec une pelle garnie de ferrures, elles permettaient de retourner le fond à partir de bateaux ancrés. Là où l'on rencontrait de la roche – comme les poudingues du secteur de Ziegelbrücke –, on procédait à des minages subaquatiques.

La section 4.3 avait souligné le fait qu'il est presque impossible de creuser à la main sous plus de 1 m d'eau. Or quelques secteurs du canal de la Linth exigeaient des excavations plus profondes. Situées près de la rivière dans la nappe phréatique, elles furent réalisées au moyen de petites fouilles carrées, bordées de parois en bois et vidées avec des récipients. Ce

procédé permit d'atteindre une profondeur de 1,8 m sous le niveau de la nappe aquifère.

En période de pointe, les travaux occupaient jusqu'à 800 ouvriers indigènes sur les 24 km du tracé. Escher vendit les travaux d'excavation aux enchères à des chefs de groupe entrepreneurs, qui dirigeaient 10 à 15 tâcherons équipés des outils nécessaires. Ils se voyaient attribuer un tronçon de l'ordre de 30 m (CAVELTI & BRANDENBERGER 1996). D'autres travaux furent exécutés en régie.

Le canal de Mollis fut achevé en 1811. Au début, aucune eau n'y coulait, car il avait été creusé entièrement



Fig. 83 Partie supérieure de la «Carte de la vallée de la Linth et des canaux exécutés pour supprimer les marécages dans la plaine» de H. Pestalozzi, 1852.

à la main, sans recourir à la force érosive de la Linth. L'introduction de la rivière, le 8 mai, fut un événement spectaculaire qui attira des milliers de curieux. Un rapport de 1824 dépeint cette phase délicate en ces termes: «En ce jour de gloire qui était le leur, les hommes de la Linth coupèrent le haut remblai de sable avec le plus grand soin, encouragés par l'intérêt des spectateurs. Un cri de joie et voilà la Linth qui suit son seigneur et maître comme il le désire! D'abord sous forme de petit ruisseau qui cherche son nouveau chemin, puis toujours plus large, plus profonde et plus pleine, vague après vague. Les berges de sable

(du remblai) s'écroulent. Ondoyante et écumante, la Linth s'engouffre dans le canal où elle est emprisonnée par un beau lit régulier. Et maintenant, les flots impétueux coulent sagement en vagues douces vers le profond lac de Walenstadt» (d'après NOSEDA 2001). Le tronçon de la Linth séparant Mollis de Ziegelbrücke était désormais asséché, tandis que le tronçon suivant qui aboutissait au lac de Zurich ne recevait plus de matériaux charriés par la Linth, mais seulement de l'eau claire issue du lac de Walenstadt. La fin des travaux sur le canal de la Linth en fut grandement facilitée. L'achèvement du tronçon Giessen-Grinau, que



Fig. 84 L'exutoire du lac de Walenstadt après la correction des eaux et la construction de la ligne de chemin de fer. Aquarelle de R. Dickemann, 1860. Vue du Biberlikopf (colline à l'est de Ziegelbrücke) en direction du lac de Walenstadt et de Weesen.

l'on nommait autrefois canal de Benken, détermina l'ouverture du canal de la Linth le 17 avril 1816.

7.4 L'ouvrage de la Linth et les retouches

La Commission fédérale de la Linth

Une fois les canaux de Mollis et de la Linth terminés, l'ouvrage de la Linth était achevé dans ses grandes lignes. Il ne tarda pas à s'avérer bénéfique. Si les crues de 1817 causèrent à nouveau quelques inondations, elles furent utiles dans la mesure où elles affouillèrent et élargirent le lit du canal de la Linth qui était désormais emprunté par la rivière. Mais elles impliquèrent aussi les premières retouches.

Fait remarquable, l'entreprise par actions fut dissoute en 1827 et les actions – dont le nombre était monté à 4070 au cours des travaux (DAVATZ 1990, 1991) –

furent remboursées jusqu'en 1845, sous déduction d'un don de l'ordre de 10 % (MEIER 1985). Les 100'000 roubles que le tsar russe avait versés à Escher en 1814 au titre d'aide à la Suisse orientale n'entrent pas dans ce décompte. Ils furent alloués à des écoles pour les pauvres et à d'autres buts caritatifs.

Les responsables des travaux de la Linth étaient conscients du fait que l'ouvrage exigerait un suivi constant, même après l'achèvement du gros œuvre. La Commission fédérale de la Linth, dont la Diète avait déjà délimité les tâches en 1812, fut instaurée à cet effet. Son organisation – restée la même jusque dans un passé tout récent – fut déterminée par un arrêté fédéral de 1862 et ses compétences précisées par des lois fédérales de 1867 et 1882. Composée de représentants de la Confédération et des cantons de Zurich, Schwytz, Glaris et St-Gall, elle formait une sorte de conseil d'administration. La gestion des affaires était assurée par l'ingénieur de la Linth et son état-major, qui lui étaient subordonnés (JUD 2001).

Les principales retouches

Comme la description de toutes les retouches mènerait trop loin, on ne signalera que quelques points importants. Des matériaux charriés se déposaient en quantités croissantes dans le canal de Mollis. Pour prévenir ce phénomène, on rétrécit son chenal central en 1832, au moyen d'épis en pierre. Mais la capacité d'écoulement s'en trouva réduite et la Linth déborda en 1840, 1841 et 1846. C'est pourquoi on entreprit en 1841 de prolonger le canal de Mollis à travers le delta qu'il avait formé entre-temps à son embouchure dans le lac de Walenstadt et de surélever ses digues. Un nouvel abaissement du lac de Walenstadt, réalisé en élargissant son exutoire à Weesen, permit d'améliorer encore la situation. L'abaissement du niveau de crue atteignit finalement 4 m en 1865 (KOBELT 1922).

Non stabilisé, le chenal central du canal de la Linth était soumis à l'érosion, si bien que des élargissements, approfondissements et bancs indésirables se formèrent à la longue. Pour prévenir ce phénomène, on stabilisa les berges au moyen de courts épis formés de fascines ou de pierres, tout en respectant une largeur prédéfinie. Il semble que ces travaux aient encore été réalisés sous la houlette d'Escher (SPEICH 2001b). De chaque côté du canal de la Linth, il fallut en outre adapter les ruisseaux latéraux aux nouvelles conditions. Comme ils ne devaient pas charrier de matières solides dans les canaux d'assainissement, ils furent tous équipés de bassins de rétention des matériaux (LEGLER 1868). Dans le cadre de l'ouvrage de la Linth, le canal de Mollis et le tronçon glaronnais de la rivière en amont des canaux exigèrent également des mesures contre l'apport de matériaux charriés. En découlèrent, dans les années 1840, l'aménagement de la Rûfirunse à Mollis puis l'aménagement moderne des torrents en Suisse (chapitre 12).

Les ingénieurs de la Linth

Escher ne put être témoin de la dissolution de l'entreprise par actions. Il mourut en 1823, considéré comme le sauveur de la région de la Linth et de sa population reconnaissante. Il n'avait réclamé aucune rémunération pour son remarquable engagement. La Diète, qui avait déjà reconnu ses mérites de son vivant, décida la même année de lui conférer, ainsi qu'à ses descendants mâles, le surnom honorifique de «von der Linth» et de renommer «canal Escher» le canal de Mollis. Il fut en outre décidé d'ériger un monument en son honneur à Ziegelbrücke, mais finalement, seule une plaque commémorative fut posée. On peut y lire, sous un éloge en latin:

«Au bienfaiteur de cette région,
Joh. Conrad Escher von der Linth,
né le 24 août 1767, décédé le 9 mars 1823,
la Diète fédérale.
Les habitants lui doivent la santé,
le sol ses fruits,
la rivière son cours réglé,
la nature et la patrie louent son âme.
Confédérés!
Qu'il vous serve d'exemple!»

En 1832, quelques médailles commémoratives en or furent encore remises à sa famille (ZIPKES 1986). La succession d'Escher fut assumée jusqu'en 1895 par les ingénieurs de la Linth Salomon Hegner (1789–1869), Alois Negrelli (1799–1858), Richard La Nicca (1794–1883) et Gottlieb Heinrich Legler (1823–1897). Il sera de nouveau question d'eux dans le cadre d'autres corrections fluviales.



Fig. 85 Le Rheintal: vue de Vaduz vers l'amont. On y voit une accumulation de matériaux dans le lit du Rhin et une digue de protection boisée à l'extrémité amont de la localité. Dessin de F. Schmidt, gravure de F. Salathé, vers 1830, extrait.

8 La correction du Rhin alpin de 1862 à 1900

8.1 La concentration de la dynamique fluviale à l'embouchure

La dynamique antérieure à l'influence de l'être humain

Comme déjà vu à la section 2.1, les rivières ont un comportement dynamique et modifient leur environnement. Les riverains sont inévitablement gratifiés d'inondations, épandages d'alluvions et dommages dus à l'érosion. Comme cette dynamique est fréquemment sous-estimée, du moins dans l'arc alpin, elle sera exposée dans ce chapitre à l'exemple du Rhin alpin. Dans son bassin versant, l'abrasion du sol due à l'érosion se monte à 0,5 mm par an, en moyenne dans l'espace et dans le temps. Comme sa superficie est de 6100 km², le Rhin alpin transporte chaque année un volume solide de quelque 3 millions de m³ en suspension et par charriage. Il en injecte autant, année après année, dans le lac de Constance. S'il en va ainsi, c'est parce que des mesures d'aménagement fluvial l'empêchent de déposer sa charge solide dans le Rheintal, en amont du lac.

Que se passait-il avant que le cours du Rhin alpin ne soit influencé par l'être humain, par exemple au 10^e siècle? A l'époque, il n'emportait qu'une partie de sa charge solide jusque dans le lac de Constance. Son delta croissait donc moins rapidement qu'à présent. Admettons en simplifiant que le Rhin alpin et ses affluents répartissent uniformément l'ensemble des 3 millions de m³ charriés annuellement entre Ragaz et le lac de Constance, sur une surface de 300 km²: l'exhaussement moyen du Rheintal serait de 1 cm par an, soit 1 m par siècle ou 10 m par millénaire. Ce calcul ne fournit bien sûr qu'un ordre de grandeur. Mais si l'on se souvient que cet exhaussement n'était uniforme ni dans l'espace ni dans le temps, on entrevoit la notion de dynamique fluviale. Chaque crue s'accompagnait d'inondations, épandages d'alluvions et modifications du lit du fleuve. Des méandres coupés et quelques lacs isolés se comblaient alors lentement en formant des marécages. Le modelage mouvementé de la vallée, tel que décrit par HANTKE (1992) pour le quaternaire, se poursuivait encore sans trêve. Il ne permettait ni peuplement durable ni implantation d'une agriculture intensive dans le Rheintal.

Le but des interventions

L'être humain a mis fin à cette dynamique, sans doute à partir du 11^e siècle, en réduisant l'extension du Rhin alpin et de ses affluents. Il commença par intervenir ponctuellement, avec hésitation, puis il s'attaqua cou-

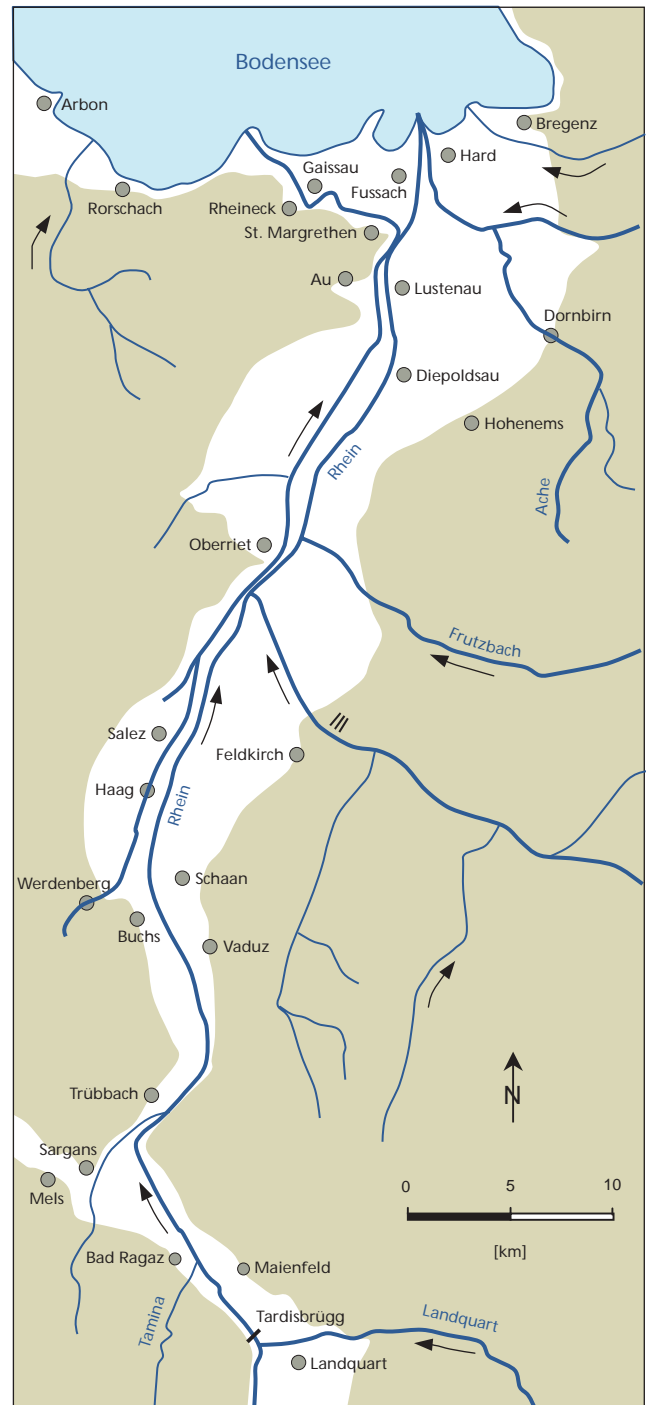


Fig. 86 Situation actuelle du Rhin alpin, de l'embouchure de la Landquart au lac de Constance.

rageusement à des tronçons entiers et finit par réaliser une correction intégrale.

On peut donc voir dans la correction du Rhin alpin un effort en vue de juguler sa dynamique dans le Rheintal et de la reporter à son embouchure. Elle permet à l'être humain d'exploiter la contrée dans de bonnes conditions de sécurité, mais provoqua également la transfor-



Fig. 87 Dignes offensives et arrière-dignes sur le Rhin à Haag. Sens de l'écoulement: de gauche à droite. Plan de H. C. Römer à l'intention des autorités de Sax, 1770.

mation du paysage décrite par KAISER (1990a, 2002) et d'autres auteurs. Si l'on veut maintenir une telle exploitation, on ne peut plus faire demi-tour. En maints endroits, le niveau de crue du Rhin alpin endigué domine largement la cote de la plaine environnante. En situation de hautes eaux, de vastes étendues du Rheintal se trouvent dans une sorte de dépression rappelant les conditions qui règnent notamment aux Pays-Bas. Cela n'exclut pas toute revitalisation du fleuve, mais elle devra se limiter à des mesures de faible ampleur sur le cours du Rhin alpin. Le delta, où la dynamique a été amplifiée, recèle un potentiel beaucoup plus intéressant.

Seuils longitudinaux, digues offensives, arrière-dignes

D'après WEY (1890), les premières mesures de défense contre les inondations et l'érosion des berges ont été prises vers le 11^e siècle. Elles marquèrent le début d'une technique qui dura jusqu'à la fin du 18^e siècle. On commença par ériger des seuils longitudinaux et des digues offensives. Les seuils longitudinaux étaient des ouvrages construits dans le sens du courant qui renforçaient directement la berge, la rendant plus résistante à l'érosion. Les digues offensives se composaient d'ouvrages localisés de type épis qui écartaient le courant des berges (section 4.1). Elles préservaient «leur» berge des atteintes du courant, mais au détriment de la rive opposée. Il en résulta inévitablement des querelles, surtout documentées à partir du 15^e siècle. Mais ce n'était pas là le seul point litigieux. WEY (1890) rapporte également des controverses au sujet de travaux mal ou non réalisés. HUNGERBÜHLER

(1854) a notamment rassemblé des précisions sur l'évolution historique jusqu'en 1853.

Suite à une recrudescence des crues au 18^e siècle, on se mit à sécuriser des tronçons d'une certaine longueur. D'une part, on augmenta localement le nombre de digues offensives, en accroissant leur densité jusqu'à en faire de véritables rangées d'épis. D'autre part, on éleva des arrière-dignes ou digues reculées dans certaines régions plates.

Les principaux acteurs étaient les riverains du Rhin et, pour certains projets de plus grande ampleur, les habitants de contrées situées en retrait. En principe, la protection contre les crues incombait aux communes du Rheintal. Elles avaient l'habitude de stabiliser leurs berges uniquement en amont et aux abords des villages, dans le but prioritaire de les protéger. En aval, elles n'entreprenaient pas grand-chose, si ce n'est rien du tout (KAISER 2002). Des revers, sous la forme d'inondations, d'érosion et de destructions, s'ensuivirent régulièrement malgré tous les efforts consentis.

Le fardeau croissant de ceux qui avaient la charge des ouvrages et des querelles interminables amenèrent finalement la Diète fédérale à intervenir. Ce furent plus précisément les crues catastrophiques de 1762 et de 1768 qui la déterminèrent à agir. La Diète et le gouvernement zurichois dépêchèrent sur place le capitaine-ingénieur zurichois Hans Conrad Römer (1724–1779). Il réalisa un levé cartographique du cours du Rhin, évalua les ouvrages existants et proposa des améliorations. Son expertise incluait également des instructions précises pour la construction des seuils et des digues, ainsi qu'un cahier des charges pour un responsable des ouvrages de défense qu'il avait jugé nécessaire d'instituer. S'il n'en résulta encore aucune correction du Rhin, une «unité de doctrine» régit dès lors la gestion des ouvrages de défense (KAISER 1990b).

8.2 La régularisation de Ragaz à Monstein (dite régularisation saint-galloise)

L'inquiétude relative à la ligne de partage des eaux à Sargans

En 1817, le Rheintal fut affecté par une grosse crue qui révéla une fois de plus deux endroits clés: la plaine voisine de Sargans et le secteur situé à l'aval de l'embouchure de l'III. Dans la plaine de Sargans, la ligne de partage des eaux entre le Rheintal et la région des lacs de Walenstadt et de Zurich se trouve quelques mètres seulement au-dessus de la cote maximale du Rhin. Une crue du fleuve pourrait en principe déborder en direc-

tion de ces lacs, ce qui représenterait une catastrophe pour la région, car les débits de pointe du Rhin peuvent dépasser sensiblement la capacité du canal de la Linth et de la Limmat.

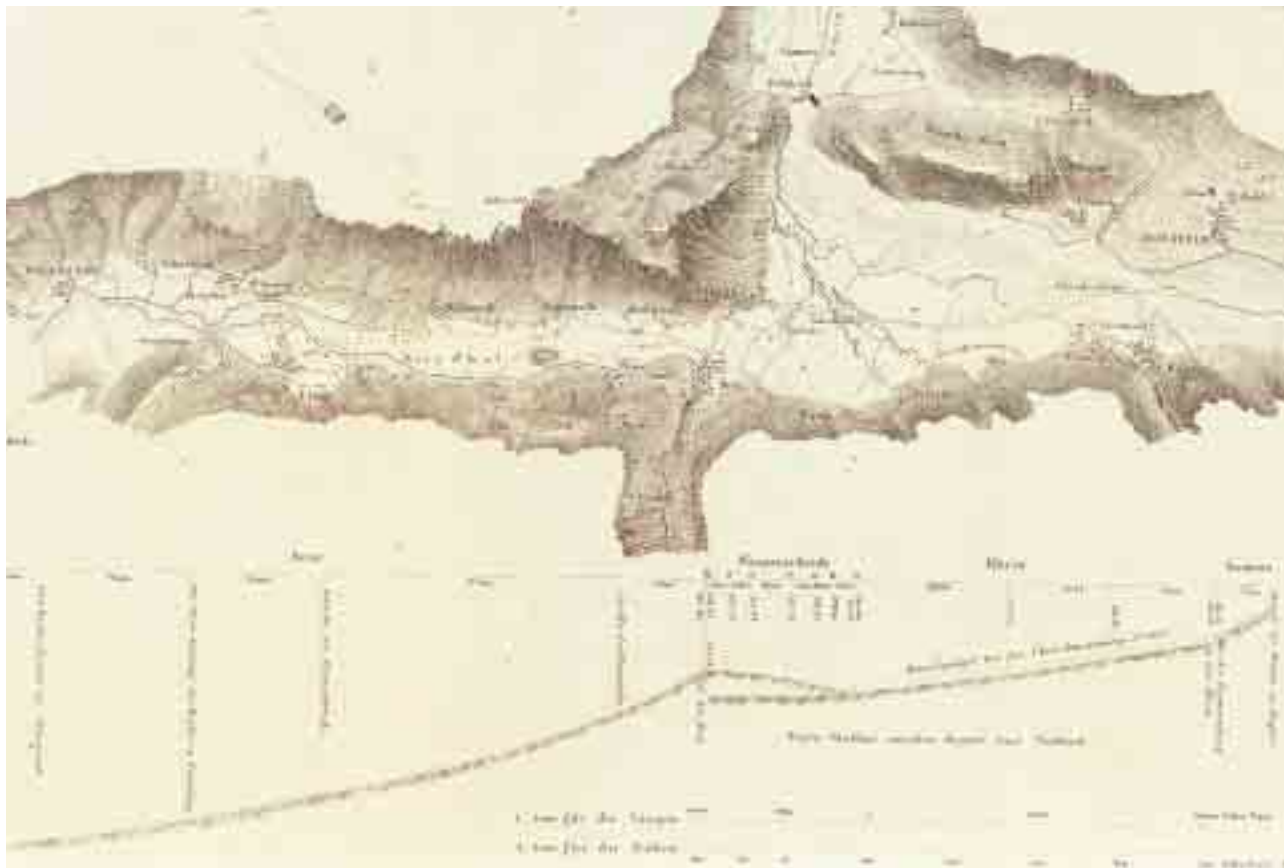
Il semble que Hans Conrad Escher (1767–1823) ait signalé ce danger latent au début de la correction de la Linth (SOLAR 1998) et manifesté la crainte que le lit du Rhin ne s'exhausse à Sargans aussi rapidement que le lit de la Linth à Ziegelbrücke, provoquant ainsi le débordement redouté. En tout état de cause, Escher fit exécuter un nivellement entre Walenstadt et le Rhin en 1808 (SOLAR 1998). Cette inquiétude incita la Diète fédérale à dépêcher une commission dans le Rheintal en 1817. Johann Heinrich Pestalozzi (1790–1857) et Salomon Hegner (1789–1869) en firent sans doute partie aux côtés d'Escher (SOLAR 1998). Se fondant sur leurs rapports et sur un plan de situation avec profil en long élaboré par Pestalozzi en 1818, les cantons concernés – les Grisons, St-Gall, Glaris, Schwytz, Zurich et Argovie – firent appel en 1819 à l'expert en aménagement fluvial Johann Gottfried Tulla (1770–1828) de Karlsruhe. Il rédigea la même année un rapport d'expertise qui préconisait de prendre les mesures suivantes: corriger le Rhin du pont de Tardis jusqu'à

Trübbach, colmater la plaine de Sargans et ériger une solide digue de Mels à Sargans (VISCHER 2000a). Mais comme les cantons n'arrivèrent pas à s'entendre sur les coûts, il n'en sortit rien de concret. En 1830, l'ingénieur en chef du canton des Grisons Richard La Nicca (1794–1883) élabora un nouveau projet de correction du Rhin et de ses affluents dans la région de Sargans (BRASCHLER 1967). L'inquiétude relative au partage des eaux à Sargans demeurait vive. En 1847, Pestalozzi proposa de nouveau une digue haute de plusieurs mètres. Zurich s'opposa ensuite à un projet prévoyant un canal pour les radeaux qui franchirait la ligne de partage des eaux et, vers 1860, à une tranchée destinée au chemin de fer (VON MURALT 1880).

La vue d'ensemble

Les spécialistes en constructions hydrauliques s'intéressaient essentiellement à la région située en aval de l'embouchure de l'III (section suivante). Le canton de St-Gall finit par prendre en compte l'ensemble des 60 km séparant le pont de Tardis, en amont de Ragaz, du lac de Constance et par prendre contact avec les

Fig. 88 Plan et profil en long (échelle verticale exagérée d'un facteur cinq) du Rheintal et de la vallée de la Seez, de Ragaz à Trübbach et de Sargans au lac de Walenstadt. Elaborés par J. H. Pestalozzi en 1818.



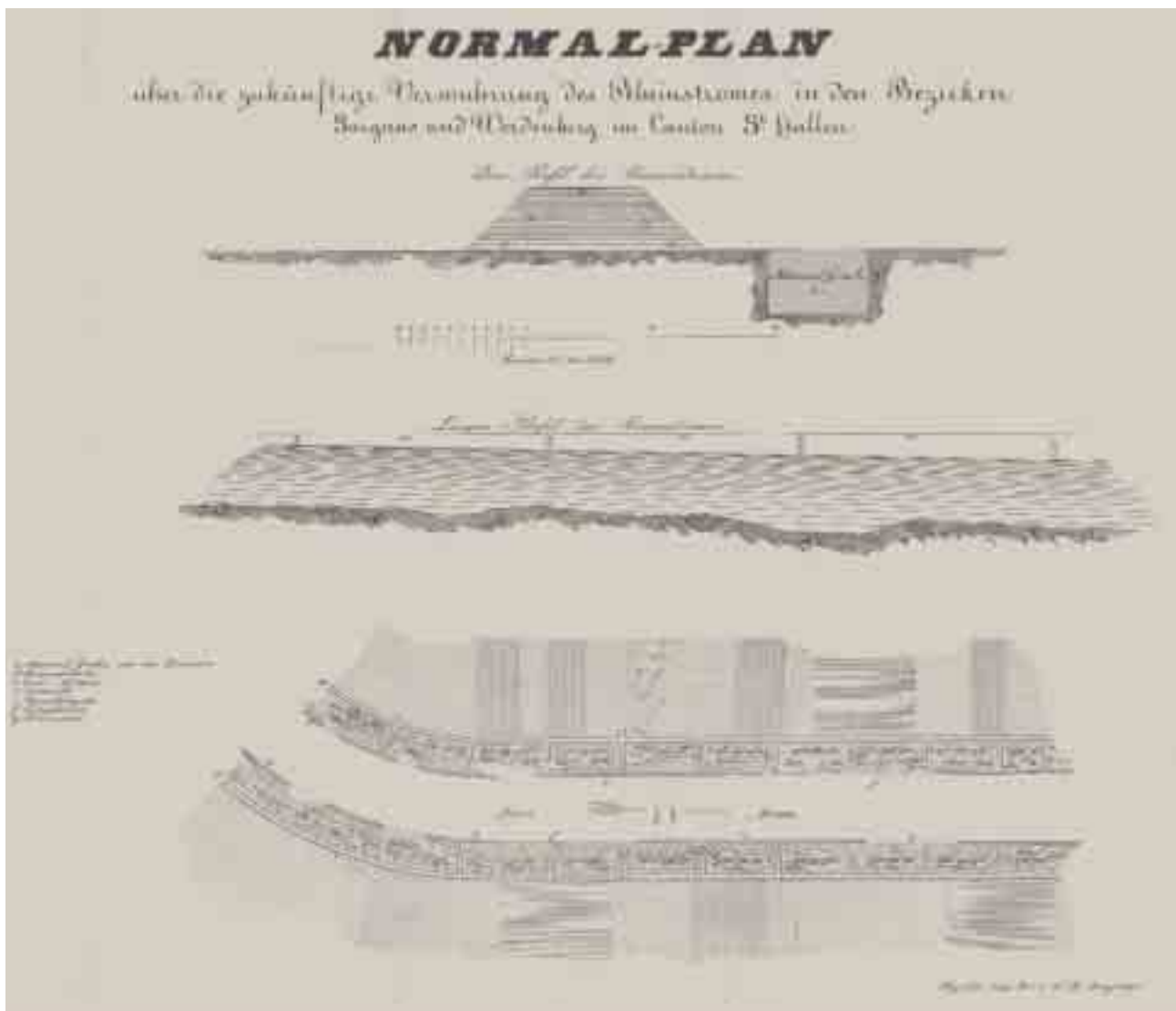


Fig. 89 «Plan normal du futur endiguement du fleuve Rhin dans les districts de Sargans et de Werdenberg du canton de Saint-Gall», de A. Negrelli, 1835.

autres pays riverains. Il conclut notamment, en 1837, un «Contrat ... sur les ouvrages de protection des deux berges du Rhin le long de toute la frontière» avec le Liechtenstein. Deux ans auparavant, l'inspecteur cantonal des routes et des cours d'eau Alois Negrelli (1799–1858) avait déposé son «plan normal», qui prévoyait un profil double pratiquement continu entre deux digues de protection contre les crues. Son successeur Friedrich Wilhelm Hartmann (1809–1874) poursuivit son effort. Mais il fallut la série de hautes eaux qui débuta en 1846 pour éveiller l'attention de la collectivité (KAISER 2002). A Sargans, le niveau du Rhin en crue se serait approché une fois à 2,3 m de la ligne de partage des eaux avec le bassin de la Linth et de la Limmat (KNÄBLE 1970).

L'élaboration des plans commença sérieusement en 1853. La «Loi sur une correction radicale du Rhin» entra en vigueur la même année dans le canton de St-Gall. Elle prévoyait que la responsabilité en matière de protection contre les crues du Rhin passe des communes au canton. Les autres pays riverains réglèrent les compétences de manière similaire. Une nouvelle répartition des coûts fut fixée. En Suisse, la participation conjointe du canton de St-Gall et de la Confédération fut une première. Les pays riverains s'entendirent en 1861 sur des «lignes de récession» que les nouvelles digues contre les crues devaient suivre (STUBER 1949). En principe, le tronçon du pont de Tardis à l'embouchure de l'Ill devait avoir un profil trapézoïdal simple et le tronçon suivant jusqu'à Monstein (à la



Fig. 90 «Le père Rhin et un correcteur». Caricature de l'engagement inlassable du conseiller d'Etat J. M. Hungerbühler en faveur de la correction du Rhin sur territoire saint-gallois, 1861.

frontière austro-suisse entre Au et St. Margrethen) un profil en double trapèze, le premier étant qualifié de haute digue (Hochwuhr) et le second de système à double ligne.

Début des travaux d'aménagement du fleuve

Les travaux commencèrent au début des années 1860. Hartmann, l'ingénieur en chef saint-gallois qui en assumait la responsabilité, subdivisa son tronçon en trois sections dépendant chacune d'un ingénieur de section. Les exécutants furent d'abord les personnes astreintes à l'entretien des ouvrages de défense et des

ouvriers locaux. Puis ils furent remplacés progressivement par des tâcherons. Le travail se faisait à la main. Le transport bénéficia progressivement de matériel roulant, tandis que la première locomotive de chantier apparut en 1874 (KAISER 2002).

Dans le tronçon à profil trapézoïdal simple, les digues contre les crues furent édifiées avec du gravier et garnies de pierres côté fleuve pour les protéger contre l'érosion. Les pieds de talus furent également dotés d'une assise de pierres, qui reposait sur un lit de fascines dans la section mouillée par les basses eaux. Il fallut surélever les digues à plusieurs reprises en raison des atterrissements qui ne tardèrent pas à exhausser le lit du Rhin. Là où il existait déjà d'anciennes arrière-digues, les surfaces inondables qu'elles délimitaient furent supprimées. On les colmata en partie pour pouvoir y pratiquer une agriculture plus intensive. Les matériaux sédimentés, dont l'épaisseur pouvait atteindre plusieurs mètres, soutenaient en outre les nouvelles digues côté terre. La méthode du colmatage est décrite à la section 4.1. D'après WEY (1890), 5 écluses de colmatage furent encastrées dans la digue gauche entre Ragaz et Salez. En rive droite, on a renoncé à ce genre de mesure.

Dans le tronçon en double trapèze, les digues contre les crues furent également édifiées avec du gravier, mais dotées d'aucune autre protection contre l'érosion qu'un revêtement de gazon. Le chenal central fut confiné dans des ouvrages longitudinaux garnis de pierres qui surmontaient quelque peu le lit majeur. Le pied des digues côté eau fut fondé et renforcé comme dans le cas du profil trapézoïdal simple. Ainsi, le lit majeur ne devait servir que si l'eau franchissait les ouvrages longitudinaux.

Fig. 91 Les types de digues appliquées à la correction du Rhin sur territoire saint-gallois. En haut: haute digue (Hochwuhr), de Ragaz à Oberriet. En bas: système à double ligne, d'Oberriet à Monstein.

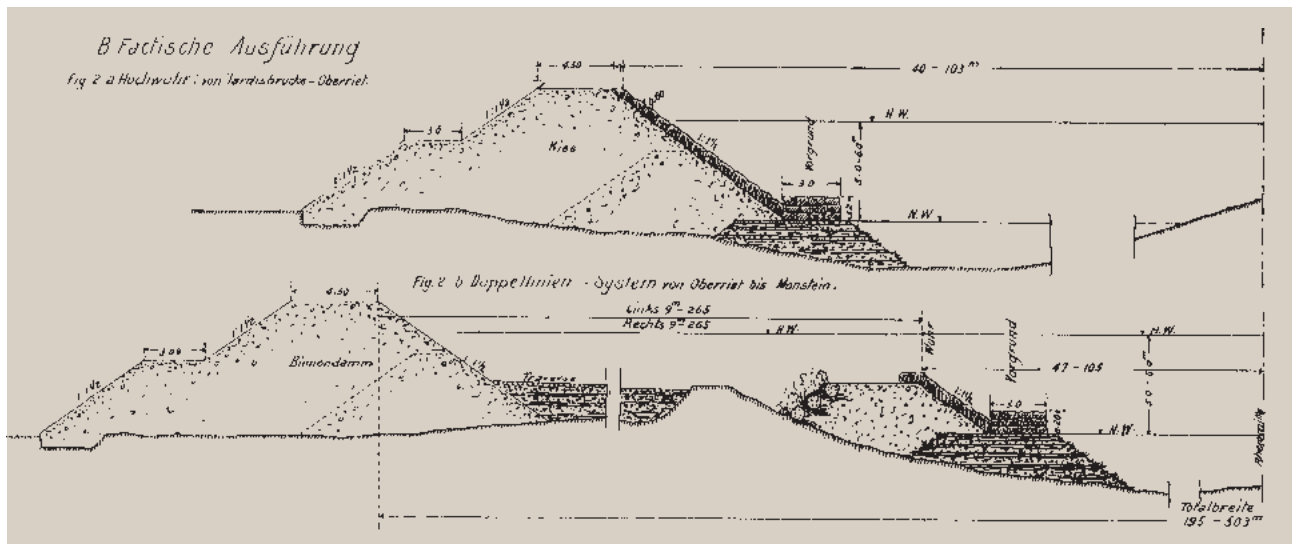




Fig. 92 Débordements du Rhin du côté suisse en 1868. Vue vers l'amont, de la gare d'Au et des bâtiments industriels voisins.

La coordination avec les pays riverains en rive droite n'était guère étroite, ce qui a occasionné des difficultés, tels quelques atterrissement évitables dans le lit du Rhin (VON SALIS 1884). Par ailleurs, les Liechtensteinois érigèrent des digues plus basses que les Saint-Gallois (OSPELT 1990), si bien qu'ils furent moins bien protégés. Cette discordance ne fut jamais entièrement aplanie, même lors du rehaussement ultérieur des digues. Elle fut à l'origine du seul débordement important du Rhin postérieur à la régularisation, à l'inondation catastrophique qui toucha le Liechtenstein en 1927. En revanche, les travaux de construction furent entravés et retardés par plusieurs débordements de hautes eaux. Le plus important eut lieu en 1868, année où d'autres régions de la Suisse subirent des inondations dévastatrices. En sus des localités et des cultures, il affecta la ligne ferroviaire Rorschach-Coire, construite en 1858. Les exhaussements déjà signalés du lit du Rhin causèrent beaucoup de soucis. Des doutes commencèrent à surgir ici ou là quant aux chances de réussite des travaux. Dans un rapport de 1873, un des ingénieurs de section recommanda même de livrer à nouveau de vastes domaines au Rhin et de déplacer les villages s'y trouvant sur les flancs de la vallée. L'ingénieur en chef saint-gallois Hartmann, décédé en 1874, fut remplacé par Jost Wey (1843–1908).

Canaux d'assainissement et ponts

La construction de canaux d'assainissement compte parmi les mesures complémentaires à la correction du Rhin alpin. Ils devaient notamment recueillir les ruisseaux latéraux, afin que leur embouchure n'occasionne pas de

trouée dangereuse dans les digues protectrices. En rive gauche, le canal de Werdenberg fut achevé en 1886. Son pendant en rive droite était le canal du Liechtenstein. Si aucun pont ne franchissait le Rhin entre le pont de Tardis et le lac de Constance avant la régularisation, il y avait par contre une douzaine de bacs et de gués. Dix ponts en bois et un en acier furent construits à l'occasion des travaux sur le Rhin. L'ensemble de sa régularisation entre Ragaz et Monstein fut achevée vers 1890. De 1865 à 1885, l'inspecteur fédéral fut l'ingénieur vaudois bien connu William Fraisse (1803–1885).

Fig. 93 Construction du canal d'assainissement de Werdenberg à Salez vers 1882. L'excavation et la stabilisation des berges se font à la main. Les transports utilisent une voie de chantier d'écartement 50 cm.



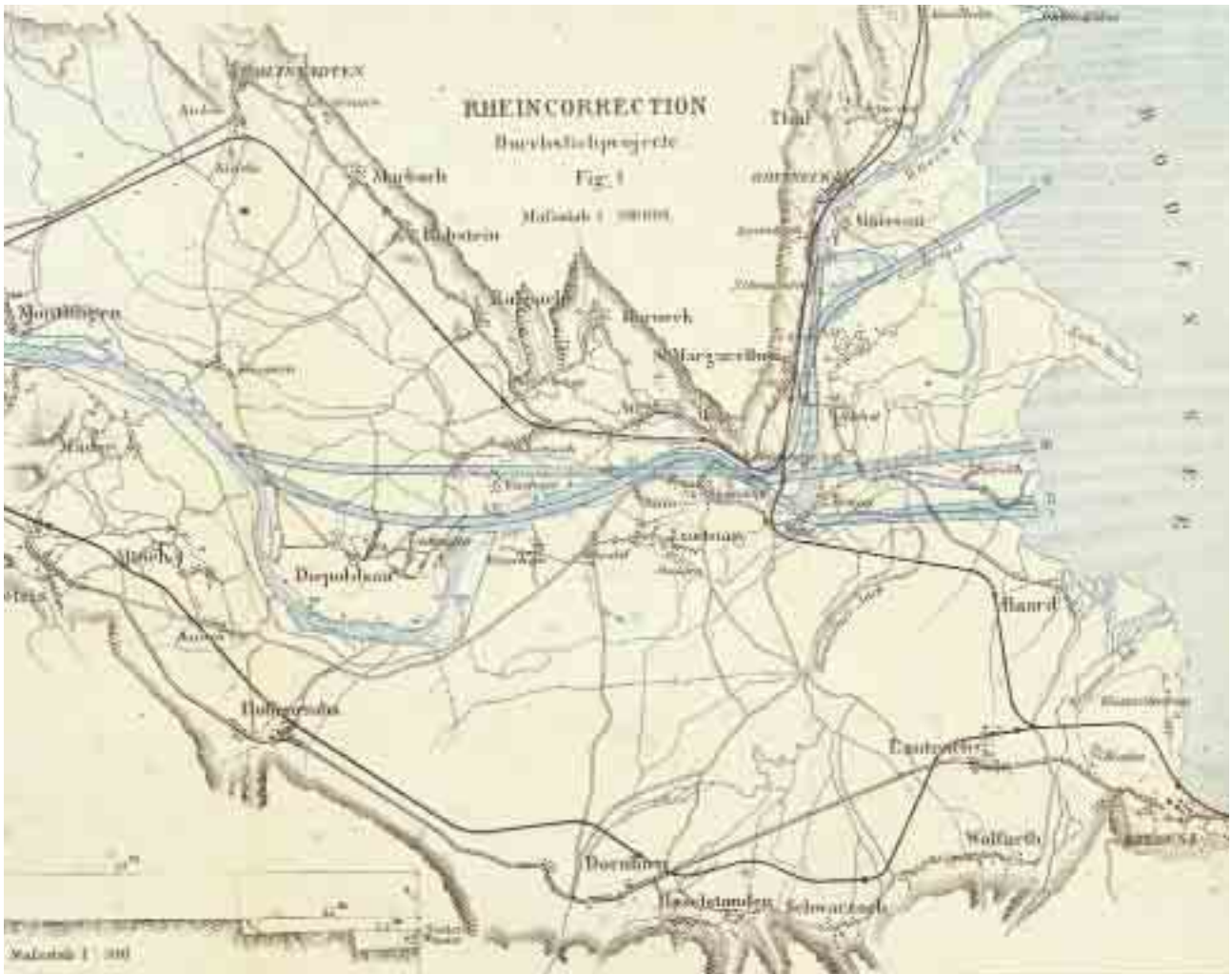


Fig. 94 Différents projets de coupures sur le cours inférieur du Rhin et dans la région de son embouchure. Les tracés XII (coupure de Diepoldsau) et II (coupure de Fussach) furent réalisés en vertu du traité international de 1892.

8.3 La coupure de Fussach

La recherche de raccourcissements du Rhin

Le cours du Rhin alpin ne pouvait pas être raccourci sensiblement de Ragaz à Diepoldsau, ce tronçon comportant peu de méandres susceptibles d'être rectifiés. Ce n'est qu'à l'aval, dans la région de Diepoldsau et de Gaissau, que deux véritables boucles pouvaient être coupées. Une autre possibilité consistait à creuser un nouveau lit de St. Margrethen au lac de Constance. Mais ces raccourcissements étaient-ils vraiment nécessaires? Il semble qu'on les ait d'abord considérés comme de simples mesures locales, puis qu'ils se soient imposés petit à petit comme un élément essentiel de la régularisation du Rhin alpin. On s'est d'abord préoccupé des conditions régnant à Gaissau, où la boucle du Rhin dite «Queue d'âne» ne

cessait de s'agrandir. C'est pourquoi le directeur viennois des travaux publics Franz Baraga (dates inconnues) élaborait des plans pour deux solutions de rectification en 1792 déjà. L'une prévoyait une simple coupure du méandre en question et l'autre de détourner le Rhin dans le lac de Constance par le plus court chemin à partir du sommet de la boucle. La Diète fédérale les rejeta toutes deux, la seconde en particulier parce que Rheineck et son port de transbordement pour les radeaux et les bateaux du Rhin auraient été isolés du fleuve et par conséquent gravement pénalisés. Mais le Rhin suivit pratiquement le tracé de la seconde solution lors de son débordement de 1821, si bien que l'Autriche réclama sa réalisation. Au plan technique, on pouvait compter sur le Tyrolien Joseph Duile (1776–1863), adjoint expérimenté à la direction des travaux publics. Mais la résistance de la Suisse ne faiblit pas. Le Rheintal fit l'objet d'une belle «Grande carte du Rhin» après avoir été levé en 1825 et 1826 de la

frontière liechtensteinoise au lac de Constance, sous la direction de Duile. Celui-ci l'utilisa pour élaborer en 1826 un projet de régularisation du Rhin inférieur. S'il proposait de petites rectifications et des coupures à Diepoldsau et à Gaissau, il faisait aussi mention, selon l'idée de Baraga, d'une dérivation dans le lac de Constance à partir de la Queue d'âne (GÖTZ 1988, PESTALOZZI, K. 1872, ROHNER 1992). Ce projet fut modifié en 1828 par l'inspecteur zurichois des routes et des cours d'eau Salomon Hegner (1789–1869), qui laissa tomber les coupures. Approuvé par les deux pays riverains, le tracé ainsi corrigé fut intégré dans le projet de régularisation du Rhin de Ragaz à Monstein décrit à la section précédente. Mais le va-et-vient relatif à la coupure de Gaissau ou au détournement à partir de la Queue d'âne persista (KAISER 2002).

Une proposition de compromis

En 1838, Hartmann avait soumis un projet de dérivation du Rhin à l'est de Fussach nommé coupure de Fussach. Reprise à la suite de la crue dévastatrice de 1847, cette idée fut examinée, puis approuvée ou rejetée, par de nombreux experts mandatés par les deux pays riverains. D'autres variantes de détournements firent leur apparition. Mais soit les Autrichiens, soit les Suisses se jugeaient prétérités selon les propositions. Les choses ne changèrent qu'en 1862, lorsque l'Autrichien Josef Meusburger (1822–1886), membre du Conseil des travaux publics à Trente, confirma la pertinence de la coupure de Fussach et recommanda de réaliser celle de Diepoldsau en complément. Comme la première devait se dérouler sur sol autrichien et la seconde sur sol suisse, cette proposition représentait un compromis sous la forme d'une «symétrie des sacrifices». Dès lors, la position des services autrichiens fut la suivante: «Soit les deux coupures, soit aucune!» (BERGMEISTER 1989, BERGMEISTER & LEIPOLD-SCHNEIDER 2000). Les négociations bilatérales se poursuivirent, jusqu'à ce que le Rhin «dise à nouveau son mot». Les hautes eaux records de 1868, qui virent quatre ruptures de digues du côté helvétique, accélèrent l'adhésion des Suisses. En vue de prévenir de nouvelles inondations, Vienne et Berne conclurent en 1871 un accord préliminaire qui prévoyait les deux coupures. A la demande des Autrichiens, elles devaient impérativement être réalisées simultanément. Mais comme cela n'était pas judicieux au plan technique, il en résulta de pénibles disputes. En 1888 et 1890, le Rhin inonda plusieurs secteurs de la rive autrichienne, ce qui conduisit les deux parties à faire des concessions et à conclure le traité de 1892. Signalons deux développements avant d'en arriver au

contenu du traité. D'abord, la ligne ferroviaire apparue dans le Rheintal dès 1858 y avait rendu la navigation fluviale obsolète en quelques années et marqué le déclin du flottage. Les projets de coupures n'avaient donc plus à tenir compte de ce trafic. Entre autres, la cessation d'activité du port de transbordement de Rheineck ne revêtait désormais plus guère d'importance. Ensuite, la régularisation du Rhin de Ragaz à Monstein, déjà presque achevée au milieu des années 1870 (REIFF 1990) montrait clairement que le nouveau lit du fleuve ne restait pas à la cote voulue. Il tendait plutôt à s'exhausser par atterrissement, ce qui réduisait d'autant la revanche des digues. Aussi était-il impératif d'accroître la force d'entraînement du Rhin, en raccourcissant son cours dans le Bas-Rheintal. La coupure de Fussach permettait de gagner 7 km et celle de Diepoldsau 3 km, ce qui représentait une réduction totale de 10 km (PETER, E. 1955).

Projet et exécution des travaux

Le traité de 1892 entre l'empereur d'Autriche et la Confédération suisse fut conclu afin «de remédier au danger des inondations, d'empêcher les deux rives de se transformer en marécages et de redresser, dans ce but, le cours irrégulier de ce fleuve dès l'embouchure de l'III, en amont, jusqu'à l'entrée du Rhin dans le lac de Constance, en aval». Il prévoyait d'exécuter les ouvrages suivants à frais communs (KOENIG 1992):

- la coupure de Fussach;
- la coupure de Diepoldsau;
- la régularisation de la section intermédiaire et de la section supérieure;
- l'adaptation des routes, voies ferrées (ponts), etc.

Le profil en double trapèze déjà mis en œuvre dans le cadre de la régularisation du Rhin alpin à l'aval de l'embouchure de l'III allait être appliqué ici également. Ses différents éléments furent construits de la même manière, à part les digues contre les crues, érigées selon une structure zonée. Elles étaient composées d'un noyau de terre glaise et d'un corps de soutènement en gravier ou débris de carrières.

Les travaux de la «Régularisation internationale du Rhin» – car tel fut désormais son nom – commencèrent en 1895 par la coupure de Fussach. Placés sous la direction du chef de chantier autrichien Philipp Krapf (1854–1939), ils occupèrent plus de 1000 ouvriers. Des machines, trains de chantier et bateaux à vapeur furent mis en œuvre pour assister l'énorme tâche manuelle. La section 4.3 fournit des détails sur le parc d'engins. Du côté suisse, le chef de chantier fut Jost Wey. Comme ce tronçon de 5 km était coupé en deux



Fig. 95 Construction de la coupure de Fussach en 1898. L'excavation est effectuée à l'aide d'excavateurs à godets et les transports utilisent une voie de chantier.

par l'Ache de Dornbirn, qui se jetait autrefois dans le lac de Constance à Fussach, Krapf subdivisa le chantier en deux sections. Selon WAIBEL (1992), la section inférieure se composait essentiellement de sables bouillants et subissait de plus l'influence défavorable du remous du lac et des eaux de l'Ache de Dornbirn. Des dragues assurèrent le creusement, tandis que les matériaux excavés étaient déversés dans le lac ou acheminés vers la terre avec des wagonnets. Le sol de la section supérieure comprenait surtout un mélange de tourbe et de limons. Il fut extrait avec des excavateurs, transporté sur les côtés ou le long du chenal vers les digues de protection et réutilisé pour en former le noyau. Le transport était assuré au moyen de brouettes ou de wagonnets à benne basculante mus à la main pour les courtes distances, et par des trains de chantier tractés par des locomotives, sur une voie d'écartement 75 cm, pour les longues distances.

Au bilan final, on a excavé 2 millions de m³ de terrain, posé 1,1 million de m³ de matériaux pour construire les digues et les terrasses du lit majeur, et mis en place 220'000 m³ de blocs (KAISER 2002). Ces derniers, qui servaient surtout à protéger le chenal central contre l'érosion, furent extraits de trois gravières proches de Hohenems et amenés par une voie de chantier (HEER 1992 fournit de plus amples détails à ce sujet). Quant aux presque 60'000 m³ de bois de saule et d'aulne nécessaires à la fabrication des nattes de fascines

placées sous les ouvrages-guides, il fallut en faire venir la plus grande partie de Bavière et de Bade-Württemberg.

La coupure de Fussach, y compris trois ponts d'acier, fut achevée et mise en service en mai 1900. Les autres travaux communs prévus dans le traité de 1892 furent réalisés au cours du 20^e siècle. La construction des canaux d'assainissement connexes revint à la Suisse en rive gauche et à l'Autriche en rive droite. Du côté suisse, il s'agit essentiellement du canal d'assainissement du Rheintal, qui débouchait dans l'ancien cours du Rhin. Les travaux d'adaptation de cours d'eau secondaires furent répartis selon la même clé. Il s'agit notamment, en rive droite, de l'importante correction de l'Ache de Dornbirn, dont l'embouchure fut déplacée de Fussach à Hard.

Bey seinen zeyten Anno do. 1469. am 7. tag Augusti/ward der Roddan von



den bergwassern also groß vnd vngestümi / Das er beynaach alle brücken durch das
land hinfürt/vnd thett allenthalb grossen schaden an den gütern/rc.

Fig. 96 Crue du Rhône. «Le 7 août de l'an du Seigneur 1469, le Rhône, gonflé par l'eau des montagnes, devint si gros et si impétueux que presque tous les ponts furent emportés et que les biens, etc., subirent partout d'importants dégâts.» Tiré d'une chronique de J. Stumpf, 1548.

connu au cours des Temps modernes, celles de 1640, 1740, 1778, 1846 et 1860 se révélèrent particulièrement graves. La destruction des récoltes fut considérée comme un moindre mal, car plusieurs villages furent détruits en tout ou partie (SFRD 1971). Les riverains essayèrent évidemment de se protéger contre ce danger. Mais les ouvrages de défense qu'ils érigeaient sur les rives étaient limités dans le meilleur des cas au périmètre communal, et réalisés sans grande coordination. Et comme ils subissaient fréquemment les assauts du Rhône et de ses affluents, ils ne disposaient pas des ressources nécessaires pour prendre des mesures plus durables.

Les premiers témoignages de protection contre les crues remontent au milieu du 16^e siècle. En aval de St-Maurice, les Valaisans s'occupaient alors de la rive gauche et les Bernois de la rive droite du Rhône. Le fleuve y formait une frontière longue de 30 km entre deux Etats souverains mais alliés.

En amont de St-Maurice, les chroniqueurs signalent peu d'interventions. Elles revêtaient la forme d'endigements locaux ou d'excavation de canaux-guides censés détourner le Rhône à certains emplacements critiques. Les efforts se concentraient plutôt sur les affluents, comme décrit aux chapitres 5 et 12. En aval de St-Maurice, les Valaisans et les Bernois conclurent un premier accord sur l'endiguement du Rhône en 1602. En 1756, ils levèrent en commun une carte du fleuve comprenant ses ramifications et ses ouvrages, afin d'élaborer un plan directeur pour les interventions ultérieures. Achevé en 1768, ce plan fut largement pris en compte par la suite (DFI 1964).

9.2 Réorientation politique et technique après 1800

Fondé en 1803, le canton de Vaud prit dès lors la place de Berne à l'aval de St-Maurice. Le Valais entra dans la Confédération comme canton en 1815. Ce fut le début d'une période de réorientation. L'exploitation de la vallée principale du Rhône fit l'objet d'un intérêt accru, si bien que l'on se préoccupa davantage de la protéger contre les crues. On souhaitait intensifier l'agriculture, étendre les localités et construire de nouvelles routes, avec des ponts enjambant le Rhône. A la fin des années 1850, une ligne ferroviaire fut implantée entre le lac Léman et Sion, et planifiée de là jusqu'à Brigue. En 1803 et 1804, le gouvernement valaisan assigna de nouvelles lignes de berges au Rhône, d'entente avec les communes de la plaine de Martigny. Elles pouvaient étendre la construction jusqu'à cette limite, mais pas au-delà. C'est ainsi que naquit le cours actuel du

fleuve entre Saxon et Branson. En général, l'Etat valaisan n'assumait aucune dépense pour les mesures de protection contre les crues qui ne concernaient pas la sécurité de ses routes et de ses ponts. Cette situation ne changea pas encore en 1833, lorsqu'une loi cantonale lui octroya le droit d'édicter des prescriptions en matière d'aménagement des cours d'eau. C'est dans ce contexte que fut créée la Commission rhodanique, qui devait inspecter la vallée du Rhône à chaque automne. Elle examinait aussi bien les différents ouvrages – interdisant par exemple les digues offensives – que les cultures dans la plaine du Rhône (DFI 1964).

En 1825, l'ingénieur cantonal valaisan Ignace Venetz (1788–1859) de Stalden (VS) et son homologue vaudois Adrien Pichard (1790–1841) d'Yverdon s'entendirent pour élaborer un plan de correction du Rhône à l'aval de St-Maurice. Il en résulta une convention entre les deux cantons en 1836, mais pas encore de travaux significatifs.

Un nouveau mode de protection des berges fut développé entre 1830 et 1845 pour remplacer les digues offensives. Il prévoyait d'abord une combinaison usuelle de digues longitudinales et de rangées d'épis placés perpendiculairement. Dans un premier temps, l'arête supérieure des épis se trouvait à la même hauteur que le couronnement des digues, ce qui provoquait un écoulement irrégulier et d'importants affouillements en tête d'épis. Par la suite, on inclina franchement le bord supérieur des épis vers le courant, généralement selon un angle de 20 %. Ici, les ouvrages longitudinaux

Fig. 98 Construction à la manière valaisanne, comprenant des digues longitudinales complétées par des épis.

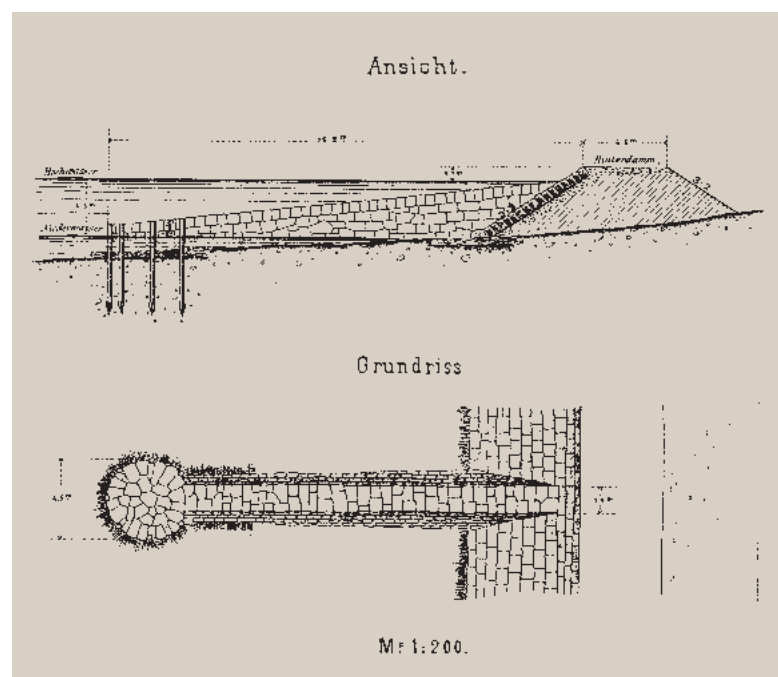




Fig. 99 Mise en œuvre d'une «grue nommée chèvre» pour charger des blocs sur des wagnonnets de chantier au bord de la Saltina, en amont du pont Napoléon. Tiré du rapport manuscrit sur l'«inspection fédérale des travaux du Rhône» de L. Blotnitzki, 1867.

et transversaux se composaient de caissons en bois et de fascines, là, de maçonnerie. Ce dernier procédé caractérise le mode de construction «à la manière valaisanne» appliqué lors de la première correction du Rhône (DFI 1964).

En 1860, le professeur Carl Culmann (1821–1881) de Zurich parcourut le Valais dans le cadre d'un mandat consistant à élaborer un rapport «à l'intention du Conseil fédéral suisse sur l'étude des torrents suisses». Il évalua comme suit la situation qui régnait sur le Rhône (CULMANN 1864): de Brigue au lac Léman, il y a partout des ouvrages de protection des berges. Mais ils ne sont pas combinés avec pertinence. Les véritables corrections sont limitées à quelques courts tronçons. Parmi elles, on trouve néanmoins deux bons exemples. L'un consiste en une correction de 3,5 km réalisée à Rarogne, où l'on a mis en œuvre un système de digues longitudinales et d'épis – «de très beaux ouvrages!» L'autre se trouve dans le domaine de Venetz à Martigny, où un système légèrement différent s'est avéré efficace – comme à certains emplacements en aval de Monthey. Les «très beaux ouvrages» en question

étaient déjà construits à la manière valaisanne. Ils avaient sans doute été conçus par Venetz (CHANTRE 1860), et réalisés au début de l'an 1860.

Mais la situation dans la vallée du Rhône restait précaire, à telle enseigne que les récits de voyage de l'époque présentaient cette vallée comme «pauvrement cultivée, marécageuse, fréquemment dévastée par le fleuve et continuellement menacée d'inondation» (HONSELL 1878).

9.3 Procédure coordonnée à partir de 1860

Solidarité confédérale

Les inondations de 1855 et 1857 furent suivies de la crue catastrophique de 1860, qui a probablement dépassé tous les événements des Temps modernes par son ampleur entre la vallée de Conches et Martigny. En aval de Brigue, la plupart des plaines se sont transformées en lacs. Les dommages furent causés par les dé-

bordements proprement dits, mais aussi par l'érosion et les épandages alluvionnaires allant de pair (DFI 1964).

Le rapport d'un ingénieur compétent (CHANTRE 1860) à l'intention du Comité genevois pour la souscription en faveur des inondés de la Suisse, dirigé par le général Guillaume-Henri Dufour (1787–1875), revêt un grand intérêt. Il comprend, outre une évaluation des dommages, des précisions sur les causes de la catastrophe et des conseils pour des mesures de protection. Les points sur lesquels il met l'accent se reflètent sur la réaction immédiate du comité, qui mit une somme considérable à la disposition des communes sinistrées, en la subdivisant en trois volets: un sixième du montant pour les premiers secours, un sixième pour des graines et des semences (afin d'éviter l'émigration des agriculteurs touchés) et quatre sixièmes pour l'endiguement du Rhône. Le comité demanda également au Conseil fédéral de lancer une correction globale du Rhône.

La demande d'une correction globale soutenue par la Confédération devint générale. C'est pourquoi le gouvernement valaisan s'adressa au Conseil fédéral en cette même année catastrophique 1860. Sa requête comprenait un projet de Venetz, décédé en 1859, qui avait été complété en toute hâte. Il concernait essentiellement le tronçon séparant l'embouchure de la Massa, en amont de Naters, et le Bois Noir, en amont de St-Maurice. Le tronçon suivant, marquant la limite avec le canton de Vaud, n'était traité que sommairement, à l'instar des torrents latéraux.

Le Conseil fédéral, qui ne disposait encore d'aucun service en charge de l'aménagement des cours d'eau en 1860 – l'Inspection fédérale des travaux publics (Eidgenössisches Oberbauinspektorat, OBI) ne fut instaurée qu'en 1871 –, fit immédiatement examiner le projet par deux experts. Le premier était Friedrich Wilhelm Hartmann (1809–1874) de Dillingen en Bavière, puis de Rorschach, et le second Leopold Blotnitzki (1817–1879) de St-Petersbourg, qui travaillait en Suisse depuis 1852. Ces ingénieurs présentèrent leurs conclusions entre avril 1862 et décembre 1863, sous la forme de trois expertises consécutives. Il en résulta une amélioration constante du projet et du devis s'y rapportant. Du côté valaisan, la responsabilité du projet incombait à la Direction de la correction du Rhône et de ses affluents, instaurée à cet effet. Elle s'appuyait sur des ingénieurs cantonaux pour les questions techniques.

A fin 1863, l'Assemblée fédérale prit finalement une décision concernant «le subside fédéral à accorder au canton du Valais pour la correction du Rhône et de ses affluents». Elle prévoyait que la contribution de la Confédération se monte à un tiers des frais engagés.

La direction supérieure des travaux incombait explicitement au Conseil fédéral, qui continua de s'en remettre aux experts Hartmann et Blotnitzki pour les questions techniques. Mais en ce qui concerne l'exécution des travaux, la direction du projet fut confiée au canton du Valais, qui avait déjà lancé la construction au cours de l'année 1863 (DFI 1964).

Les principales caractéristiques de la correction de 1863 à 1894

En amont de l'embouchure de la Massa près de Naters, où le cours du Rhône est parfois encaissé, seuls certains tronçons ont fait l'objet de travaux de régularisation et de stabilisation des berges. C'est pourquoi la correction du Rhône de 1863 à 1894 s'est concentrée sur le cours du fleuve en aval de l'embouchure de la Massa, long de 120 km et séparé en trois tronçons par deux obstacles naturels. Le premier est le cône de déjection de l'Iligraben, dans le Bois de Finges, entre La Souste et Sierre, le second est le cône de déjection du torrent de St-Barthélemy, dans le Bois Noir, en amont de Lavey. Tous deux s'étendent jusqu'au pied du versant opposé, si bien qu'ils jouent le rôle de grands seuils naturels. Considérés comme tronçons raides, ils furent exclus du plan de correction. Les autres tronçons subirent les modifications suivantes: de l'embouchure de la Massa jusqu'à Sion, le Rhône fut doté presque partout d'un nouveau lit. On y construisit différents ouvrages-guides afin de resserrer le fleuve et de lui conférer un tracé plus tendu. Son nouveau lit s'est ainsi composé d'une succession de lignes droites et de courbes à grand rayon délimitées par des digues de protection contre les crues. Le même principe fut adopté entre Sion et Lavey, où l'on a cependant tenu davantage compte des ouvrages de

Fig. 100 La correction du Rhône près de Viège: plan de situation avec le déplacement de l'embouchure de la Viège. Sens de l'écoulement: de droite à gauche.

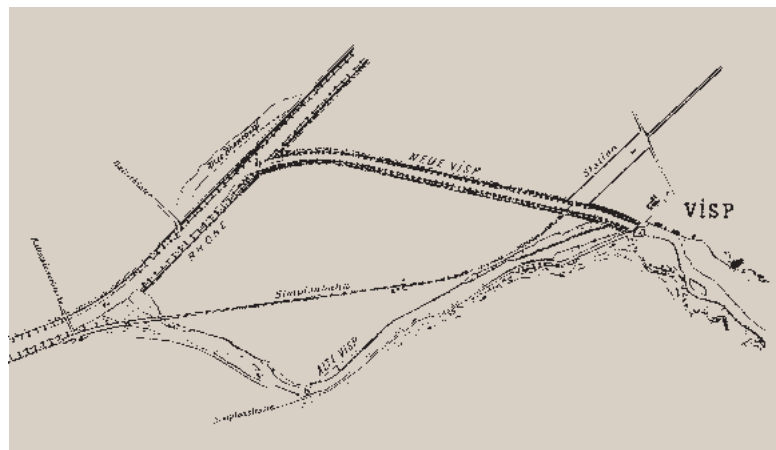




Fig. 101 La correction du Rhône à Rarogne. Hommes et femmes travaillent à la main, ravitaillés par leurs familles. Peinture à l'huile de R. Ritz, 1888.

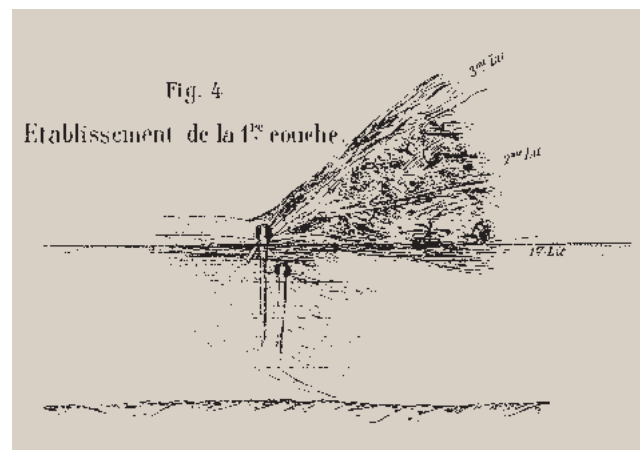
protection et du cours existants. De St-Maurice au lac Léman, cette stratégie fut poursuivie d'entente avec le canton de Vaud voisin en rive droite, sur la base de la convention intercantonale de 1836 dont il a déjà été question et d'une nouvelle datant de 1865 (BARRAUD 1888). En 1870, par souci de cohérence, la Confédération décida de prendre aussi en charge les coûts assumés par le canton de Vaud depuis 1862, à raison d'un tiers des montants engagés (NOVERRAZ 1977).

La coupe en travers typique correspondait au mode de construction valaisan, qu'il convient de présenter à nouveau avec davantage de détails. Il se basait sur un profil double construit d'une façon bien définie. Les digues continues, en gravier, n'étaient pavées du côté eau que lorsqu'elles étaient composées de matériel jugé trop fin. Le talus interne devait en effet perdre de sa déclivité avec le temps. Pour forcer cet effet, on a disposé à brefs intervalles, généralement de 30 m, des épis transversaux dont l'arête supérieure était inclinée de 20 % vers le fleuve, à partir du couronnement des digues. Les têtes de ces épis étaient élargies et, dans certains tronçons, complétées par de courts ouvrages longitudinaux pour former des épis en crochet. Les espaces entre les épis devaient se combler rapidement pour obtenir la diminution de pente souhaitée. Compte tenu de l'espacement entre les digues et de

la longueur des épis, un profil de la section corrigée comprenait un chenal central dont le fond plat avait une largeur de 36 à 42 m et était bordé de chaque côté par un glacis à faible déclivité large de 18 à 27 m. Ainsi, le fleuve disposait de 72 à 96 m entre ses digues (HONSELL 1878).

Les épis étaient composés d'une maçonnerie sèche reposant sur un lit de fascines. Ce mode de construction avait l'air très rigide avant que le phénomène d'atter-

Fig. 102 Tunages sur le Rhône à Bex. Instructions pour l'enchaînement des travaux.



risement n'ait accompli son œuvre, surtout lorsque le versant interne des digues était pavé. Aussi fut-il l'objet de discussions entre constructeurs d'ouvrages hydrauliques suisses et étrangers. C'est moins l'esthétique que la pertinence de ces ouvrages qui était mise en cause. On craignait que des éléments trop rigides ne soient rapidement détruits par affouillement ou par tassement. Des fascines en boudins immergées ou autres éléments souples relevant de la technique des fascines auraient eu des capacités d'adaptation bien supérieures. Culmann, en particulier, crut nécessaire d'émettre des critiques en se référant à l'expérience acquise sur des fleuves allemands (CULMANN 1864). Mais les ingénieurs valaisans étaient sceptiques vis-à-vis d'une utilisation massive de bois. D'une part, le

Rhône présentait un écart nettement plus marqué entre hautes et basses eaux, si bien que seul le niveau inférieur de fascines aurait pu être immergé en permanence. Or le bois pourrit rapidement à l'air. D'autre part, ils craignaient que le bois ne résiste pas longtemps à l'usure due aux grandes quantités de matériaux charriés et aux chocs provoqués par le bois flottant. Apparemment, les ingénieurs vaudois n'étaient pas du même avis. Ils appliquèrent des tunages sur certains tronçons de leur rive du Rhône, se servant ainsi de la technique des fascines courante à l'époque (BARRAUD 1888). Une autre controverse naquit autour des épis eux-mêmes. Il semble qu'ils étaient assez mal vus en Suisse alémanique, en France et dans le sud de l'Allemagne

Fig. 103 Une voie ferrée longeant le Rhône domestiqué est présentée comme un atout pour le tourisme. Affiche de F. H. d'Alési, 1895.



aux alentours de 1870. C'est pourquoi le procédé appliqué sur le Rhône suscita des oppositions parmi les spécialistes. Ils méconnaissaient toutefois le fait que les épis mis en œuvre dans la construction à la manière valaisanne n'étaient pas des ouvrages transversaux destinés à dévier le courant – comme c'était généralement le cas –, mais qu'ils constituaient l'ossature d'un lit majeur fortement incliné qui devait se transformer en une berge peu pentue sous l'effet de phénomènes d'atterrissement. Cette différence fut notamment soulignée par le célèbre expert badois Max Honsell (1843–1910), qui visita le tronçon corrigé en 1877 et confirma le bon fonctionnement des ouvrages (HONSELL 1878). Les travaux fluviaux proprement dits furent accompagnés de leur cortège habituel de travaux d'appoint. Au travers d'écluses de colmatage, dont la conception était déjà due à Venetz (VENETZ 1851), on s'efforça d'amener du limon sur des basses terres de la plaine du Rhône. Puis on entreprit de construire les canaux d'assainissement nécessaires de part et d'autre du fleuve. Le canal Stockalper en faisait notamment partie. Creusé sur 8 km entre Collombey et Vouvry, parallèlement au Rhône, il fut utilisé pour la navigation fluviale entre 1659 et 1678. Puis on le laissa à l'abandon. Réaménagé en 1842 pour servir de canal de drainage, il fut prolongé jusqu'au lac Léman en 1879, dans le cadre de la correction du Rhône (SCHNITZER 1992). On entreprit également d'aménager les principaux torrents latéraux – comme la Saltina, la Viège, la Dranse, le Trient, la Vièze, la Gryonne, etc. – afin qu'ils charrient moins de matériaux dans le Rhône, tout en s'efforçant d'améliorer la sécurité des riverains (chapitre 12).

9.4 Deux déclamations et des corrections ultérieures

Cette première correction du Rhône fut considérée comme une réussite (DE WOLFF 1977). Un géologue français connu prononça ces belles paroles: «Les merveilleux travaux d'endiguement du Rhône valaisan, qui resteront l'une des œuvres d'honneur de la Suisse, constituent l'un des témoignages les plus intelligents et les plus éloquents en faveur de cette puissance humaine de domestication et de domination des forces naturelles.» Cependant, un géologue vaudois également bien connu, Maurice Lugeon (1870–1953) de Chevilly, déclara un peu plus tard, de manière réaliste mais pessimiste, «que le Rhône sera finalement victorieux, qu'il reprendra sa liberté à travers la plaine». Par ces mots, il entendait souligner une vérité inhérente aux mesures de défense contre les crues et autres dan-

gers naturels: la protection est relative et limitée dans le temps!

En effet, le Rhône déborda de nouveau, nécessitant une deuxième correction entre 1930 et 1960. C'étaient les nouveaux atterrissements dans le lit du fleuve qui posaient des problèmes. Apparemment, le mode de construction à la manière valaisanne n'avait pas fonctionné partout comme souhaité. Dans certains secteurs, les espaces séparant les épis sont restés ouverts au lieu de se remplir et de se transformer en talus peu inclinés. Les hautes eaux y trouvaient alors un lit trop large pour assurer la continuité du charriage. On s'efforça longtemps de draguer les atterrissements et de renforcer les digues avec les matériaux excavés. Mais ces mesures s'avérèrent insuffisantes. On se décida finalement pour une amélioration de la section transversale consistant à relier les têtes d'épis au moyen d'ouvrages longitudinaux continus submersibles. Il en résulta un profil double classique (JACCARD 1960). A l'heure actuelle, on prépare une troisième correction du Rhône en réponse à de nouveaux dommages (TEYSSEIRE 1997).



Fig. 104 La coupure de Hagneck vers 1900, vue dans la direction de l'écoulement. On aperçoit au fond le barrage de la centrale électrique de Hagneck, construite de 1897 à 1900 sur la rive du lac de Biene.

10 La première correction des eaux du Jura de 1868 à 1891 pour point culminant

10.1 Causes et premières mesures

L'extension inquiétante des lacs et des marécages depuis l'Age du bronze

La correction des eaux du Jura de 1868 à 1891 est la plus grande entreprise d'aménagement fluvial jamais réalisée en Suisse. Elle concerne un territoire qui s'étend sur plus de 100 km de La Sarraz (VD) à Luterbach (SO), entre le pied sud du Jura et la bordure nord des collines du Plateau. Cette région est donc à cheval sur les cantons de Vaud, Fribourg, Neuchâtel, Berne et Soleure.

Comme l'attestent maintes découvertes archéologiques, le niveau des rivières et des lacs est monté de plusieurs mètres depuis l'Age du bronze (MÜLLER 1973). Ce processus séculaire a sans doute été considéré comme une menace dès 1500 environ. Les inondations et les marécages se firent toujours plus envahissants. Il arriva finalement que les lacs de Neuchâtel, Morat et Bière n'en forment plus qu'un seul lors de crues extraordinaires, et submergent ainsi de grandes étendues. Quant à la région située entre Büren et Soleure, elle était aussi souvent transformée en lac.

Le travail incessant de deux rivières à grand charriage

Le travail incessant de deux rivières, l'Emme et l'Aar, a joué un rôle crucial dans ce processus. L'Emme, qui se jette dans l'Aar à Luterbach, juste en aval de Soleure, est une rivière torrentielle qui «rabote» l'Emmental puis charrie d'énormes quantités de matériaux dans l'Aar. Il en a résulté un remous de l'Aar en amont de

l'embouchure, si bien qu'elle est devenue peu à peu cette rivière à méandres qui s'écoule plutôt paisiblement entre Büren et Soleure. La région d'Aarberg, où l'Aar sort des collines du Plateau, était le siège d'un mécanisme similaire. La rivière y déposait son abondant charriage – qui provenait surtout de la Sarine, de la Zulg et de la Kander (avant son détournement dans le lac de Thoune en 1714) – sur un immense cône d'alluvions qui finit par dépasser Lyss et atteindre Büren pour y obstruer l'embouchure de la Thielle inférieure. Il en résulta une montée du niveau du lac de Bière et, au-delà, des lacs de Neuchâtel et de Morat.

La question de savoir pourquoi les effets de cette évolution furent particulièrement incommodants dès 1500 environ reste ouverte. Était-elle la conséquence ultime d'interactions entre l'Emme et l'Aar qui «cherchaient à se bloquer» mutuellement depuis des siècles? Découlait-elle d'un changement climatique? Les riverains du temps des Romains et du Moyen Age s'occupaient-ils mieux des rivières que leurs successeurs, notamment pour favoriser la navigation (PETER 1922)? Ou peut-être n'avons-nous tout simplement pas connaissance des situations de détresse antérieures? Il est par contre certain que la recrudescence des crues survenue aux 18^e et 19^e siècles dans tout le réseau hydrographique suisse a joué un rôle dans l'aggravation de la situation. Les conséquences devinrent de moins en moins supportables pour les habitants de la région. Les villages des parties basses de la plaine, les quartiers inférieurs des villes riveraines et d'importantes voies de communication furent submergés pendant des périodes plus ou moins longues. L'agriculture subit des pertes de revenu croissantes, imputables tant à la destruction des récoltes qu'à l'extension des marécages. Puis apparurent d'autres fléaux, tels la vermine et les épidémies.

Fig. 105 Situation actuelle des eaux du Jura, de Neuchâtel et Morat jusqu'à Soleure.

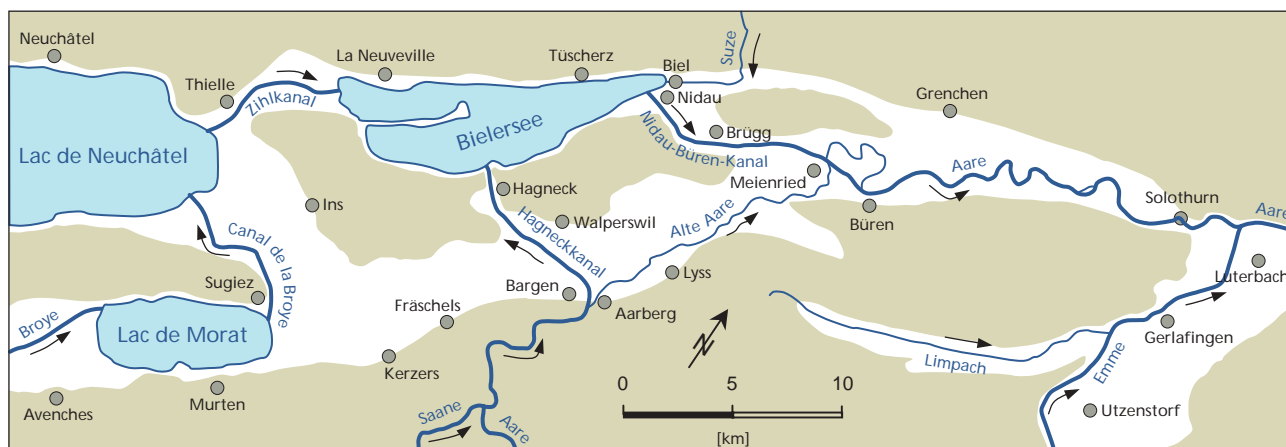




Fig. 106 Confluence de l'Aar et de la Thielle à Meienried, avant la correction des eaux du Jura de 1868 à 1891. Sens de l'écoulement: de gauche à droite.

Premières mesures

Les premières plaintes documentées datent de la seconde moitié du 16^e siècle, de même que les premières mesures de défense contre les crues. En 1574, les autorités interdirent l'installation de pièges à poissons dans la Thielle à Nidau pour prévenir tout nouvel exhaussement du lac de Biemme. Elles ordonnèrent en 1652 d'éliminer un épi sur l'exutoire du lac et en 1674 de supprimer d'autres ouvrages dans le lit de la Thielle à Brügg et d'y démanteler un seuil de moulin. La crue de 1651 livra sans doute le niveau record des temps historiques. Elle réunit l'Aar, qui avait débordé en amont de Soleure, et le lac de Biemme pour former une sorte de grand lac de Soleure (SCHNEIDER 1881). C'est pourquoi on se mit à planifier des mesures plus globales à partir de 1652.

10.2 Une grande variété de projets et deux défilés d'experts

Aperçu de la situation

Une grande variété de projets furent élaborés entre 1652 et 1842, année où Richard La Nicca soumit la proposition finalement mise en œuvre. Ils concernaient généralement les sites clés de l'embouchure de l'Emme

et surtout de la Thielle à la sortie du lac de Biemme. On peut les regrouper sommairement en trois catégories (PETER 1922):

Catégorie 1:

curages locaux des émissaires des lacs et de l'embouchure de la Thielle dans l'Aar à Meienried, en amont de Büren.

Catégorie 2:

travaux de correction de plus grande ampleur sur la Thielle et l'Aar, afin de décaler l'embouchure de la Thielle suffisamment loin vers l'aval pour que le niveau du lac de Biemme ne soit plus influencé par les matériaux charriés par l'Aar.

Catégorie 3:

détournement de l'Aar dans le lac de Biemme ou de Neuchâtel, afin qu'elle puisse y déposer son charriage sans dommages.

Selon PETER (1922), seuls des curages locaux relevant de la catégorie 1 furent exécutés dans un premier temps, car les moyens techniques et financiers étaient initialement limités. Il y eut quelque amélioration, mais de courte durée. Les mesures des catégories 2 et 3 firent l'objet de projets, élaborés par une douzaine d'experts successifs, qui ne furent pas réalisés, ou tout au plus entamés avec hésitation. Les raisons résident dans l'absence de vision politique, le manque de crédits et l'insuffisance des connaissances techniques.

Au sujet du dernier point, on invoquera notamment les difficultés rencontrées pour obtenir un levé fiable des dénivellations subtiles du Seeland.

Le premier défilé d'experts

En 1707, le lieutenant d'artillerie et géomètre bernois Samuel Bodmer (1652–1724) dressa un plan de la Thielle, du lac de Bienna à son embouchure dans l'Aar. Il proposa de raccourcir le cours de la rivière en coupant un méandre. Bodmer fut ensuite connu comme initiateur et ingénieur de la déviation de la Kander, réalisée de 1711 à 1714 (chapitre 6). S'attaquant au problème en 1749, le major d'artillerie bernois Anthoni Benjamin Tillier (1709–1759) fit curer le lit de la Thielle à Nidau et à Brügg, et réaliser quelques travaux sur l'Aar. Il semble que Tillier fut le premier fonctionnaire engagé par Berne – et en Suisse – pour s'occuper exclusivement de l'aménagement des cours d'eau. En 1771, l'ingénieur Antonio Maria Mirani (1712–1778), originaire du nord de l'Italie et formé en Savoie, soumit un plan visant à corriger le même tronçon de la Thielle. Il fut nommé inspecteur des ponts, chaussées et digues de l'Etat de Berne. Mirani avait acquis ses références en aménagement fluvial en 1764, lorsqu'il étudia une correction du Lombach près d'Unterseen et un assainissement des marais de l'Oberhasli entre Meiringen et le lac de Brienz. En 1775, le contremaître bernois Niklaus Hebler (1728–1796) défendit un projet de la catégorie 2. Le capitaine d'artillerie bernois Andreas Lanz (1740–1803) préconisa un projet similaire dans les années 1780, en envisageant également une dérivation de l'Aar dans le lac de Bienna. Ce même Lanz devait présenter en 1784, à la Diète fédérale, l'avant-projet de la dérivation de la Linth dans le lac de Walenstadt qui fut réalisée de 1807 à 1816 (chapitre 7). Mais les projets concernant le Seeland furent mis en veilleuse durant la période troublée marquée par la Révolution puis l'occupation française de la Suisse.

Le deuxième défilé d'experts

En 1816, le gouvernement bernois de la Restauration fit appel à Johann Gottfried Tulla (1770–1828), lieutenant-colonel badois et directeur des ponts, chaussées et constructions hydrauliques du Grand-Duché de Bade. Tulla était un des experts en aménagement fluvial les plus expérimentés d'Europe (VISCHER 2000a, 2000b). Il s'est fait connaître en Suisse en affinant le projet de correction de la Linth (1807–1808) et par ses expertises sur la correction de la Reuss entre Werd et Hermetschwil (1809), de l'Aar entre Thoune et Berne et de la Birse près de Bâle (1811). Selon Tulla, la solution aux problèmes du Seeland résidait dans une

mesure de la catégorie 2, combinée avec d'importants curages sur l'embouchure de l'Emme. On constatera avec intérêt qu'il conseilla aussi aux Bernois de s'accorder durablement avec les autres cantons et de chercher à réaliser une correction globale.

On peut se demander aujourd'hui pourquoi Tulla renonça au détournement de l'Aar dans le lac de Bienna. En 1816, la correction de la Linth – à laquelle il avait apporté une contribution décisive – était achevée et déployait ses premiers effets positifs. Tulla fit la réponse suivante à l'époque: «On avait déjà pensé à jeter l'Aar dans le lac de Neuchâtel, en la faisant passer entre Fräschels et Chiètres puis en traversant le Grand Marais, ou dans le lac de Bienna, en parcourant obliquement le Grand Marais à partir de Barga, afin qu'elle puisse y déposer son charriage. Les deux idées ont été étudiées, ... mais toutes deux sont inopportunes et ont été jugées tout à fait irréalisables sans engager d'énormes frais ... pour réaliser les deux projets, il faudrait forcer un cordon de collines relativement haut et large d'au moins 8'000 à 12'000 pieds (2,4 à 3,6 km), dont le fondement est rocheux» (CULMANN 1858). Deux points ressortent de cet avis: premièrement, Tulla n'a sans doute pas remarqué le passage qui se trouve entre Walperswil et Siselen. Exploité ultérieurement par le canal de Hagneck, il permit de traverser le cordon de collines en ne les perçant que sur 0,9 km, à Hagneck. Lui avait-t-on fourni des cartes topographiques lacunaires? Deuxièmement, il éprouvait un respect considérable face à un percement en rocher qu'il jugeait aléatoire. «Les coûts qu'il engendre ne peuvent pas être calculés», croyait-il (CULMANN 1858). En dépit de toutes ses compétences, Tulla était en fait un «ingénieur de pays plat»!

Dans les années 1820, Berne fit appel au lieutenant-colonel zurichois Salomon Hegner (1789–1869), qui avait étudié en France et en Allemagne et dirigé des aménagements fluviaux en Bavière. Surveillant général des routes et des digues du canton de Zurich, il fut aussi le premier ingénieur de la Linth, à temps partiel, du décès de Hans Conrad Escher à 1835. Lui aussi préconisait la catégorie 2 pour le Seeland, à l'instar du lieutenant-colonel du génie Johann Lelewel (1796–1847), qui fut consulté en 1833. Originaire de Varsovie et réfugié à Bienna, il devint ingénieur cantonal du canton de Berne par la suite. Lelewel proposa de déplacer vers l'aval l'embouchure de l'Emme dans l'Aar, plutôt que d'y réaliser de profondes excavations. Son projet fut approuvé en 1835 par une commission intercantonale d'experts, qui comprenait notamment Luigi Negrelli (1799–1858), l'inspecteur saint-gallois des routes et des cours d'eau de l'époque. De nationalité autrichienne, Negrelli acquit ultérieurement sa notoriété comme ingénieur ferroviaire dans sa patrie,

mais aussi en élaborant le projet de la ligne nommée «Spanisch-Brötli-Bahn», de Zurich à Baden. Il établit également l'avant-projet du canal de Suez en 1850 (VISCHER 1997, 2001b).

10.3 La naissance du projet de construction

Initiatives locales, Johann Rudolf Schneider

Pendant l'Ancien Régime, la population qui souffrait ne pouvait exprimer ses doléances qu'auprès de patriciens plus ou moins réceptifs. Elle ne disposait d'aucun canal plus efficace pour susciter des mesures de protection coordonnées. Sa condition s'améliora au début du 19^e siècle, suite au bouleversement occasionné par la Révolution puis par l'occupation française. La situation fut aussi débloquée par le fait qu'une grande partie des terres de l'ancien Prince-Evêque de Bâle passèrent en mains bernoises en 1815, ce qui fit disparaître la frontière passant auparavant entre Nidau et Bienne. Et comme souvent dans l'histoire des aménagements

fluviaux, les eaux firent «monter la pression». Deux inondations consécutives, en 1831 et en 1832, entraînèrent la création d'un comité d'initiative à Nidau. Il traita d'abord les demandes émanant du canton de Berne, puis aussi celles des autres cantons concernés après avoir été adapté en conséquence. Ce mouvement mit à sa tête un homme qui sera qualifié de «sauveur du Seeland» en raison du dévouement inlassable dont il fit preuve tout au long de sa vie, le médecin Johann Rudolf Schneider (1804–1880). Originaire de Meienried, à l'ouest de Büren, il réunissait deux traits importants: d'une part, il connaissait les inondations du Seeland pour en avoir fait lui-même l'amère expérience, d'autre part, il faisait preuve d'une habileté politique remarquable, notamment au sein des milieux fédéraux. Il siégea entre autres au Grand Conseil bernois de 1833 à 1866 et, entre-temps, au Conseil d'Etat bernois de 1837 à 1859 et au Conseil national de 1848 à 1866.

Au milieu des années 1830, le comité d'initiative dut d'abord se mettre d'accord sur un projet concret. L'idée consistant à détourner l'Aar dans le lac de Bienne (catégorie 3) s'imposa de plus en plus. En 1834, l'inspecteur bâlois des routes et des cours d'eau

Fig. 107 «Plan d'ensemble de la correction des eaux du Jura», avec le projet de Richard La Nicca, 1842. Secteur Ile St-Pierre–Büren.



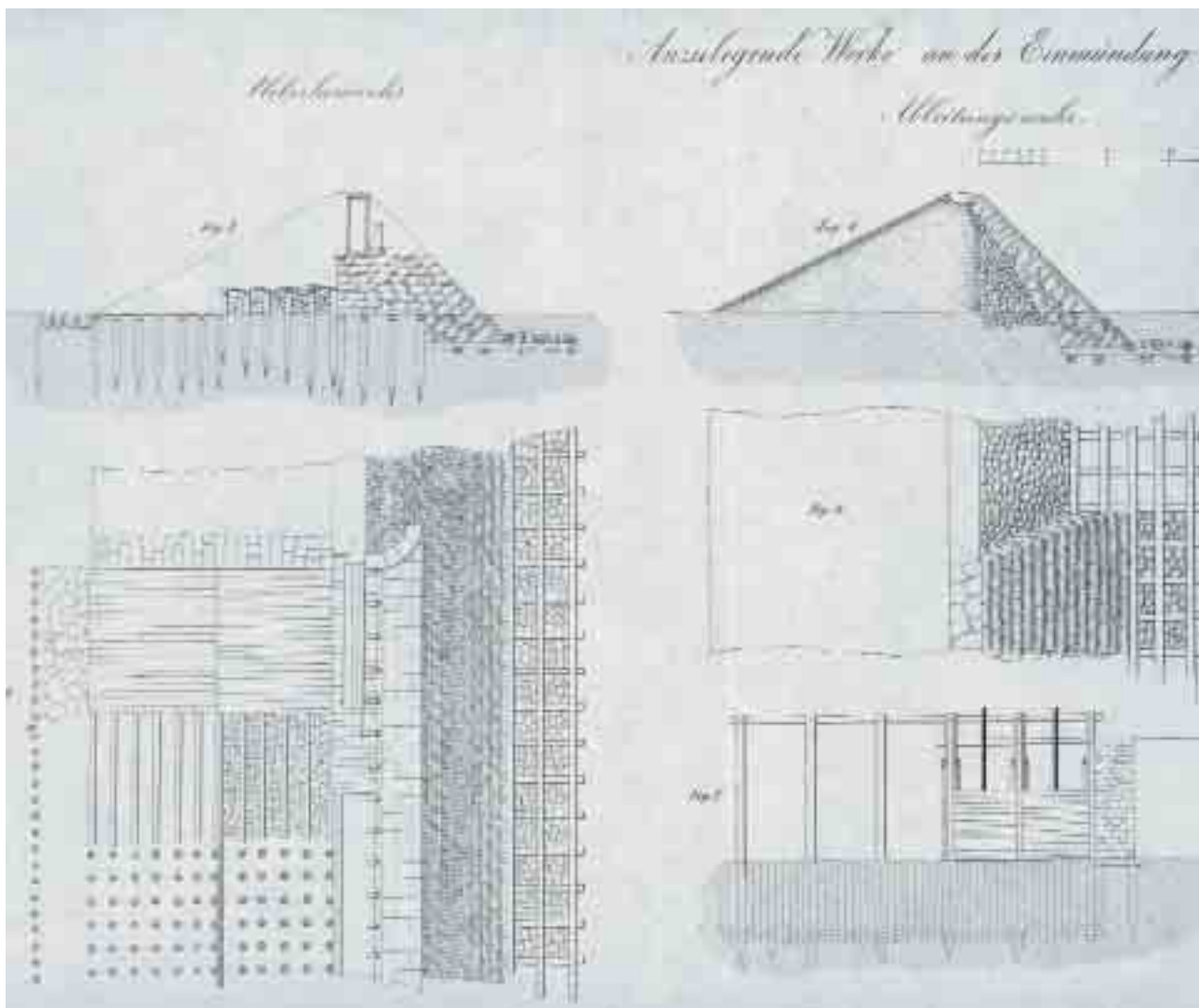


Fig. 108 «Ouvrages à ériger à l'introduction» de l'Aar dans le canal de Hagneck. Digue de dérivation et construction d'une écluse sur l'Aar à Barga, selon le projet de La Nicca, 1842.

Andreas Merian (1794–1880) appuya cette solution. En 1835, ce fut le tour de l'ingénieur Antoine-Joseph Buchwalder (1792–1883), originaire de Delémont. Mais les autorités privilégiaient toujours le projet de Lelewel. Johann Rudolf Schneider, qui penchait également pour la déviation de l'Aar, se rendit en 1837 sur la Linth détournée dans le lac de Walenstadt entre 1811 et 1816, en compagnie de l'avocat Johann Ulrich Ochsenbein (1811–1890), qui exerçait alors à Nidau (PETER 1922). Ce voyage renforça leur conviction que seul un détournement de l'Aar permettrait d'atteindre le but escompté dans le Seeland. En 1840, on fit enfin appel à l'ingénieur en chef du canton des Grisons Richard La Nicca (1794–1883) afin d'examiner l'affaire et d'élaborer le projet le plus approprié de son point de vue. On lui remit notamment des levés topographiques et hydrologiques récents.

Le projet directeur de Richard La Nicca de 1842 et le troisième défilé d'experts

L'année suivante déjà, La Nicca soumit un premier rapport qui privilégiait le projet de détournement. Puis il présenta son «Rapport assorti de propositions en vue de corriger les eaux du Jura» en 1842. Il y recommandait de réaliser les travaux suivants:

- détourner l'Aar d'Aarberg au lac de Bienne par le canal de Hagneck;
- détourner l'Aar augmentée de la Thielle à la sortie du lac de Bienne par le canal Nidau-Büren;
- corriger la Broye entre les lacs de Morat et de Neuchâtel (canal de la Broye), la Thielle entre les lacs de Neuchâtel et de Bienne (canal de la Thielle) et l'Aar de Büren à l'embouchure de l'Emme à Luterbach;



Fig. 109 Action de la Société de préparation de la correction des eaux du Jura, de 1850, pourvue de la signature du Président de la direction Johann Rudolf Schneider.

- assainir les marécages dans le Grand Marais et les régions avoisinantes.

Ce rapport assorti de propositions fut imprimé et diffusé en 2000 exemplaires. Le mandat et les cantons concernés l'utilisèrent pour solliciter des avis, tels ceux du futur général Guillaume-Henri Dufour (1787–1875) et de l'ingénieur cantonal vaudois William Fraisse (1803–1885). Tous deux furent favorables. Aussi La Nicca fut-il mandaté en 1847 pour détailler son projet général. En 1850, les plans de construction étaient achevés, et permirent d'établir un devis.

L'idée de détourner l'Aar dans le lac de Bière sembla si audacieuse à de nombreux contemporains qu'elle ne rencontra pas une adhésion généralisée. Un troisième défilé d'experts se mit donc en branle pour fournir de nouveaux avis ou proposer des solutions substitutives. L'un d'entre eux, le géomètre bernois Wilhelm Kutter (1818–1888), célèbre pour ses recherches dans le domaine hydraulique, remit en évidence les anciens plans de la catégorie 2 en 1853 (SCHNEIDER 1881). Il fut soutenu en 1854 par les ingénieurs engagés comme experts par la Confédération, Heinrich Pestalozzi (1790–1857) de Zurich, Johann Sauerbeck (1787–1861) de Karlsruhe et Friedrich Wilhelm Hartmann (1809–1874) de Rorschach. Mais ces spécialistes estimèrent que le projet de Kutter ne représentait qu'une première étape en vue de réaliser le projet de La Nicca. Or les dragages effectués sur ces entrefaites dans la Thielle à Nidau et à Brügg s'avèrent totalement inefficaces lors des crues catastrophiques de 1856. Une autre commission fédérale, formée de Hartmann et du professeur Carl Culmann (1821–1881) du Polytechnicum fédéral (actuellement EPF Zurich), ainsi que de La Nicca lui-même,

confirma le projet de ce dernier en 1857 et ne modifia que le tracé du canal Nidau-Büren. Parmi les autres projets soumis par des particuliers, citons-en deux qui sont particulièrement originaux, puisqu'ils visaient à détourner les eaux du lac de Neuchâtel dans le lac Léman ou celles de la Sarine dans le lac de Morat.

D'oppositions opiniâtres à l'arrêté fédéral de 1867

En 1862, La Nicca et l'ingénieur Gustave Bridel (1827–1884) de Bière furent chargés conjointement d'examiner tous les nouveaux projets et propositions. Le résultat, fourni en 1863, confirma pour l'essentiel le projet de La Nicca dans sa version de 1857. Les discussions publiques, parfois polémiques, qui eurent lieu durant la phase de projet exigèrent beaucoup de fermeté et de nombreuses mises au point de la part de Johann Rudolf Schneider et de Richard La Nicca. Un partisan notable de la première heure s'opposa par la suite au projet. Il s'agit de Johann Ulrich Ochsenbein, dont il a déjà été question, qui fut le premier président du Conseil national en 1848, puis conseiller fédéral et ensuite général au service de la France après sa destitution en 1854. Il convoqua une assemblée à Nidau en 1864, lui présenta son rapport intitulé «L'extension des marécages dans la région des eaux du Jura suite à la réalisation du plan de Monsieur le colonel de la Confédération La Nicca de Coire de 1863...» et acquit de nombreux partisans à la cause d'une correction relevant de la catégorie 2 (SCHNEIDER 1881). Un arrêté fédéral de 1867 mit fin aux oppositions en prescrivant la réalisation du projet de La Nicca en tant qu'œuvre commune de la Confédération et des cantons de Vaud, Neuchâtel, Fribourg, Berne et Soleure.

10.4 Les travaux de construction de 1868 à 1891

La haute surveillance de la Confédération, la subdivision grossière en étapes

Les travaux de la correction des eaux du Jura débutèrent en 1868. Quelque 28 ans, soit un bon quart de siècle, s'étaient écoulés depuis le premier mandat confié à La Nicca pour élaborer un projet! La Confédération, à qui incombait la haute surveillance en vertu de l'arrêté fédéral de 1867, délégua cette charge à La Nicca, qui avait maintenant 73 ans, et à William Fraisse. Ils suivirent l'avance du chantier en tant qu'experts de la Confédération, souvent de concert, et

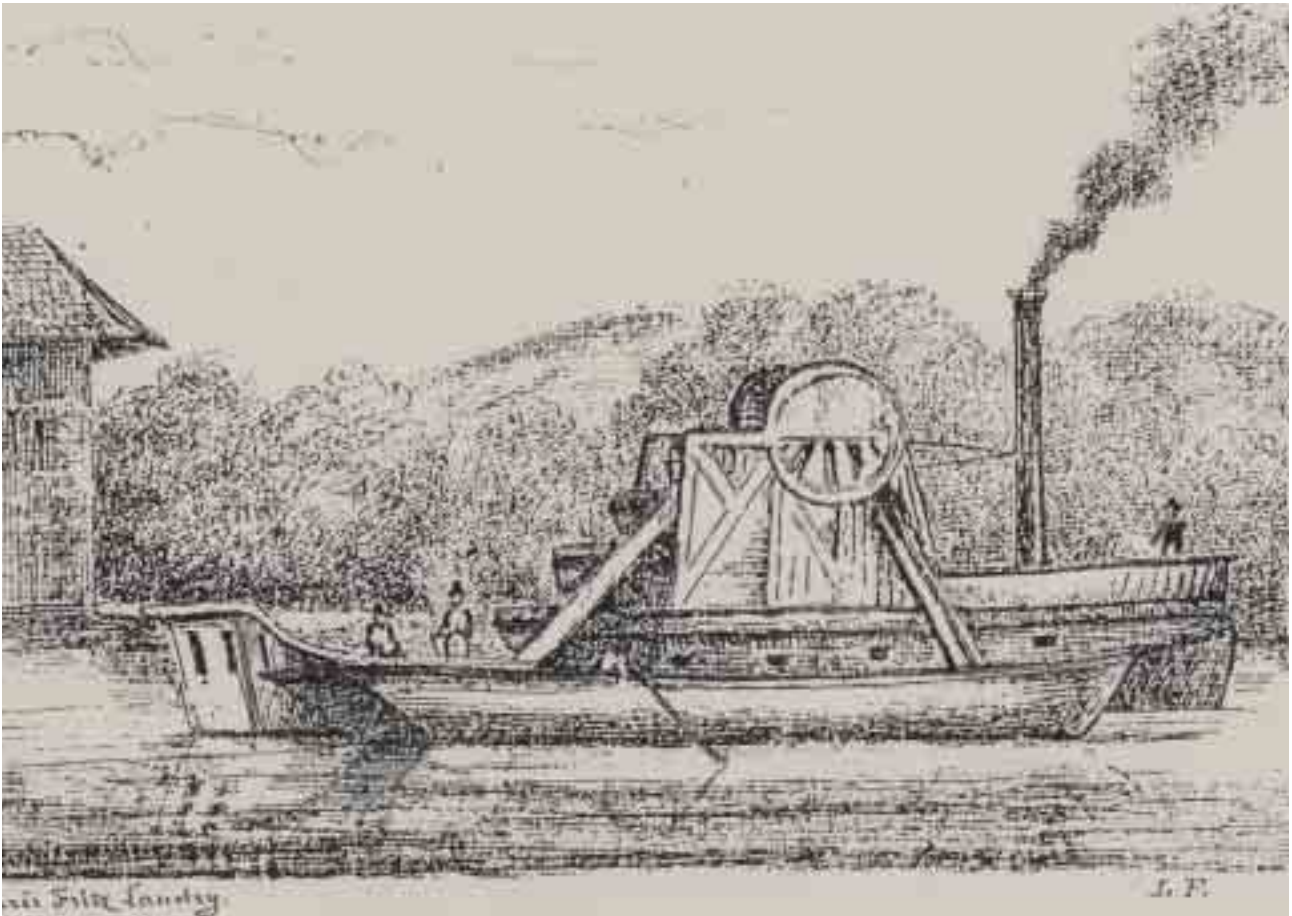


Fig. 110 Dragage à godets et bateau de transport sur le canal Nidau-Büren en 1870. D'après F. Landry.

adressèrent périodiquement des rapports assortis de propositions aux autorités fédérales.

La subdivision grossière du chantier en étapes fut dictée par un fait important: lors de la déviation de la Kander de 1711 à 1714, on avait détourné la rivière dans le lac de Thoune sans en agrandir préalablement l'émissaire, soit le lit de l'Aar à Thoune. Il en résulta une augmentation de la fréquence et de l'ampleur des débordements du lac et de l'Aar (chapitre 6). Lors de la correction de la Linth de 1807 à 1816, on se garda bien de répéter cette erreur. On agrandit la Maag, qui sortait du lac de Walenstadt, avant de déverser la Linth dans le lac par l'entremise du canal de Mollis, aujourd'hui nommé canal Escher. Ainsi, la Maag corrigée forma la première section du canal de la Linth qui devait se jeter dans le lac de Zurich (chapitre 7). Par conséquent, la correction des eaux du Jura commença logiquement par les travaux portant sur l'exutoire du lac de Bienne et donc sur le canal Nidau-Büren. Voici quelques rapports de proportion permettant de se faire une idée du problème (SCHNITZER 1992):

Augmentation de l'apport annuel dans le lac (et donc également du débit de son émissaire) suite à la déviation

de la Kander dans le lac de Thoune	60 %
de la Linth dans le lac de Walenstadt	160 %
de l'Aar dans le lac de Bienne	290 %

Il était bien sûr essentiel de maintenir les voies de communication. Au début des travaux, le Seeland était déjà parcouru par plusieurs lignes de chemin de fer. C'est pourquoi il fallut inclure de nombreux nouveaux ponts ferroviaires et routiers dans tous les projets de canaux.

Le canal Nidau-Büren

Pour des raisons d'organisation, l'on distingua une correction inférieure et une correction supérieure. Comme on avait décidé de remettre les mesures en aval de Büren à une date indéterminée, la correction inférieure se limita au territoire bernois et fut par

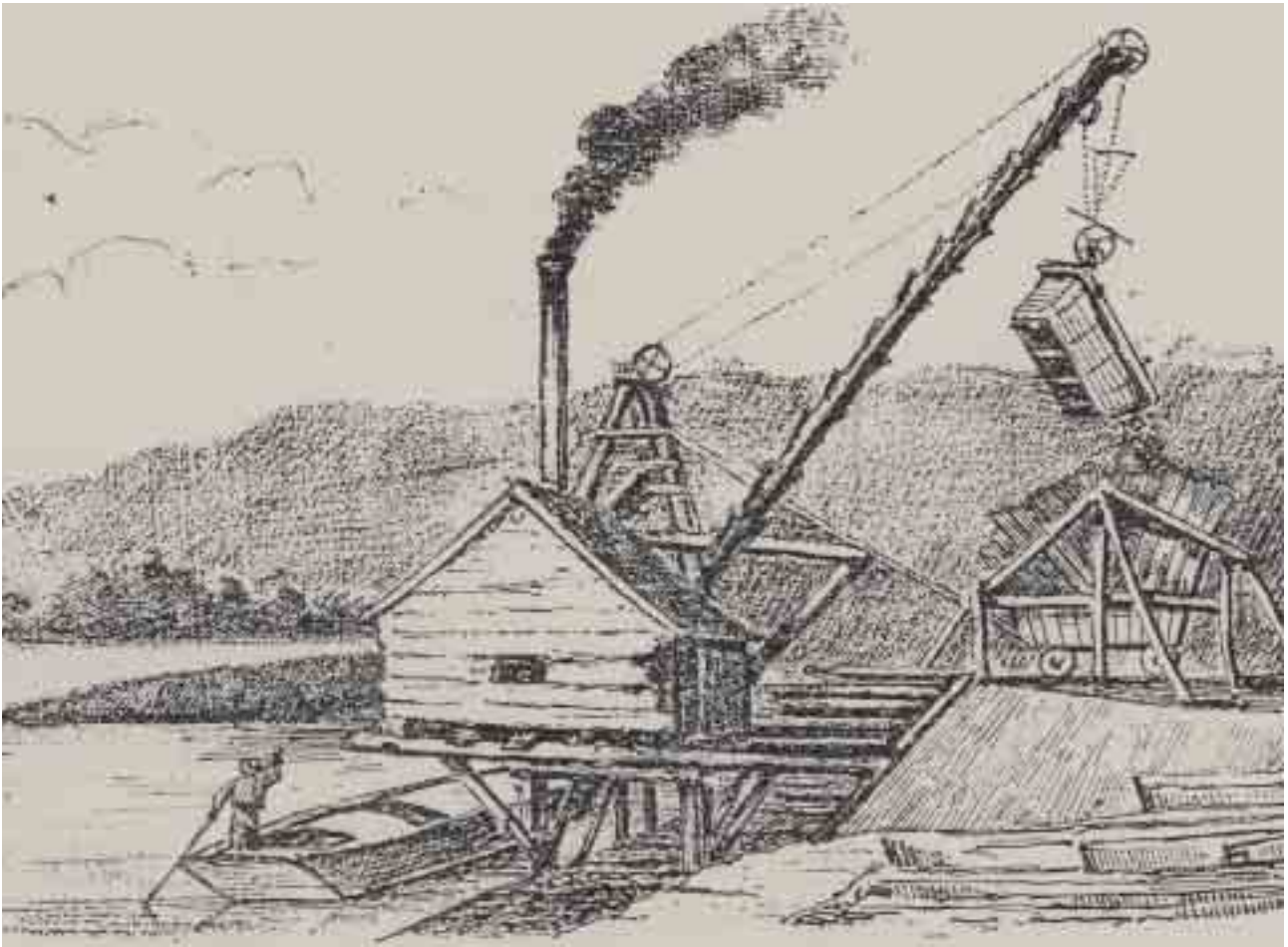


Fig. 111 Grue à vapeur déchargeant un bateau de transport sur le canal Nidau-Büren en 1870. D'après F. Landry.

conséquent nommée correction bernoise. Sa réalisation put bénéficier de la collaboration de Gustave Bridel (1827–1884) de Bienne au poste d'ingénieur en chef. Formé comme ingénieur en mécanique à l'Ecole des Arts et Manufactures de Paris, il avait acquis de l'expérience en France comme conducteur de locomotive, ingénieur ferroviaire et spécialiste en construction métallique, puis dirigé un atelier de construction à Yverdon. Il était donc en mesure de fournir l'impulsion nécessaire pour que l'aménagement fluvial en Suisse franchisse – tout au moins partiellement – le pas séparant l'usage prépondérant de la force musculaire du recours à la mécanisation (VISCHER 2001b). L'entreprise «Correction bernoise» acquit un parc imposant de machines et locomotives à vapeur, et aménagea l'atelier nécessaire à Nidau (section 4.3). Une station télégraphique fut installée auprès de la direction des travaux afin de faciliter les contacts. Pour satisfaire à l'importante demande en blocs – essentiellement pour protéger les berges –, on exploita une carrière à Tüscherz, au bord du lac de Bienne. Le canal Nidau-Büren, qui avait une longueur totale de

12 km, se composait d'une succession d'élargissements et de rectifications de la Thielle. Le chantier a donc commencé à Nidau, en 1868. Le niveau du lac de Bienne n'a pas tardé à baisser considérablement, ce qui a permis de construire les autres canaux en amont. La correction bernoise a pu entamer les travaux sur le canal de Hagneck en 1873. La même année, Bridel transmit sa charge à son chef de bureau Kurt Franz von Graffenried (1838–1919) de Berne et s'occupa dès lors de construction et d'exploitation de lignes ferroviaires. Il y rendit de grands services à la collectivité, notamment en achevant la ligne du Gothard dans les années 1879 à 1882. On commença par installer un ouvrage de retenue provisoire à Nidau pour prévenir toute nouvelle baisse du niveau des lacs. Il se composait d'un seuil sciement laissé dans le canal Nidau-Büren et rehaussé par des fascines. Comme il s'avéra rapidement insuffisant, il fut remplacé entre 1885 et 1887 par un barrage à quatre passes. On pouvait soit fermer entièrement soit ouvrir en grand chacune des deux passes internes en y introduisant ou extrayant un «bateau obstruteur».

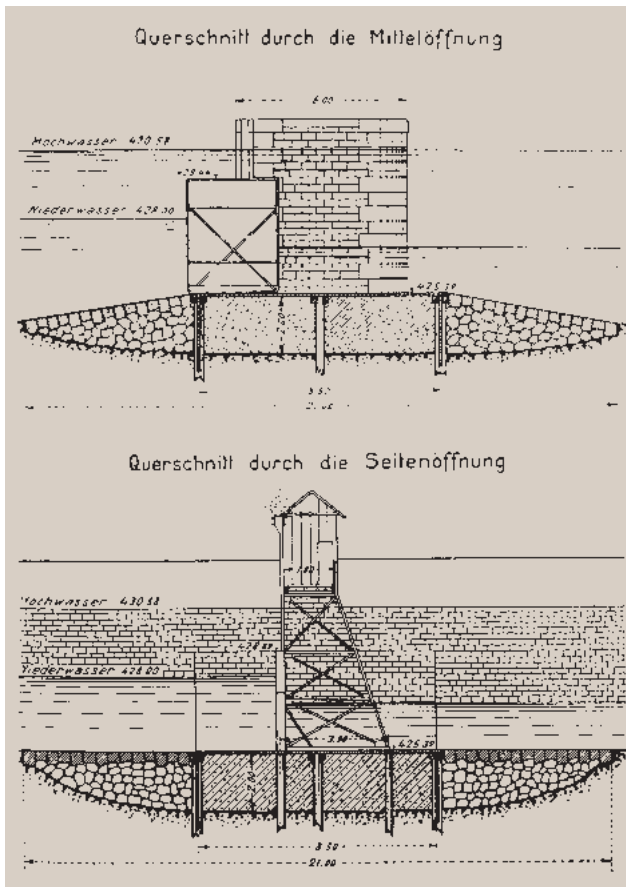


Fig. 112 Coupes à travers le barrage de régularisation aménagé dans le canal Nidau-Büren de 1885 à 1887. Sens de l'écoulement: de gauche à droite.

Fig. 113 Travaux de construction du canal-guide, sur le tronçon plat du canal de Hagneck, de 1875 à 1878. Interprétation d'une esquisse non datée ni décrite de A. Anker.



Le débit ne pouvait être réglé que dans les deux passes externes, ce que l'on fit au moyen de 6 vannes levantes par passe. Mais cette installation était controversée. La crue record de 1910 n'ayant pas pu être maîtrisée sans que les lacs ne débordent, les cantons de Vaud, Neuchâtel et Fribourg exigèrent même sa destruction à l'explosif. C'est ainsi que les passes internes furent transformées en barrage avec des vannes mobiles, d'usage plus souple, entre 1911 et 1915 (PETER 1922). Le barrage actuel, doté d'une écluse pour les bateaux, a été construit à neuf entre 1936 et 1940.

Le canal de Hagneck

La «pièce de résistance» du canal de Hagneck, long de 8 km, fut la traversée des collines du Seerücken. Long de 900 m et profond de 34 m, le percement nécessita l'excavation d'un million de m³ de matériaux. Il traversa des terrains molassiques composés d'une alternance de grès durs et de marnes altérables. Les grès exigèrent des minages et les marnes furent le siège de quelques fâcheuses ruptures de talus. Un tel glissement détruisit le pont de Hagneck en 1877, alors qu'il n'avait que 2 ans. Les travaux d'excavation furent exécutés à la main et les matériaux évacués sur une voie de chantier. Quelque 300 personnes, 70 wagonnets et 3 petites locomotives s'affairaient sur le chantier au plus fort des travaux (VON MORLOT 1895). Une observation du Journal de Genève citée par La Nicca rend compte de l'atmosphère qui y régnait (LA NICCA 1881):

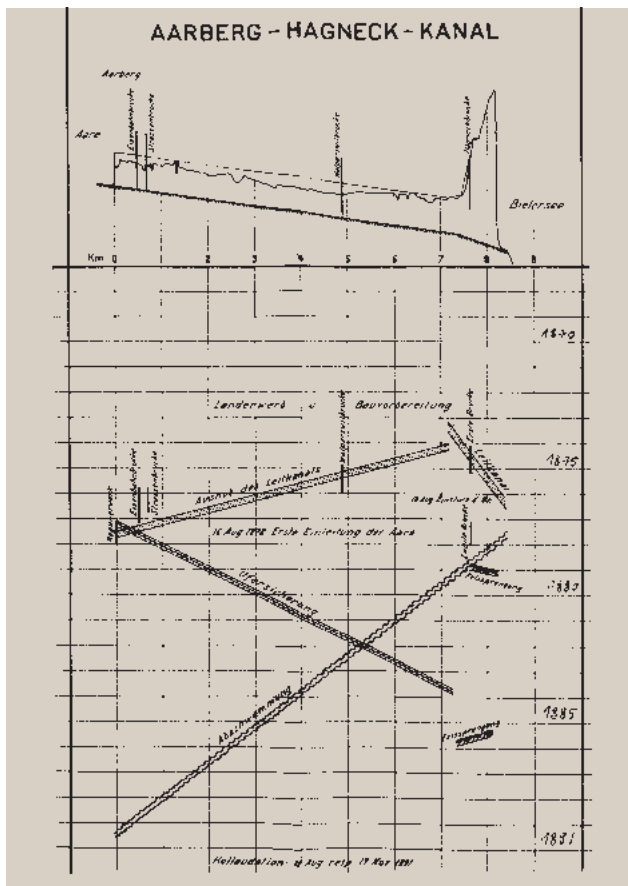


Fig. 114 Construction du canal de Hagneck. En haut: profil en long. En bas: programme des travaux.

«On ne peut détacher ses regards de la fourmière humaine qui travaille à 34 mètres de profondeur, et l'on reste fasciné par le panorama de tous ces lilliputiens qui chargent les trains que la locomotive transporte au lac.» On notera encore que le percement mit à jour deux anciens tunnels. Le premier, connu, avait servi depuis 1857 pour transporter de la tourbe vers une

passerelle d'embarquement installée au bord du lac de Biene. Quant au second, qui se trouvait juste au-dessus, il sembla s'avérer d'origine romaine (section 5.1). Seuls 90 % du million de m³ de déblais furent effectivement excavés, le reste étant confié aux bons soins de l'Aar. Mais il fallut d'abord acheminer ses eaux dans le canal!

A cet effet, on creusa dès 1875 un canal-guide sur les 7 km séparant Hagneck d'Aarberg, en conférant une largeur de 6 à 9 m au fond de son lit. Puis on le confina entre deux lignes d'enrochements visant à protéger les berges, dont l'espacement correspondait au profil du futur canal. A partir d'août 1878, on alimenta progressivement le canal-guide avec les flots de l'Aar, afin de confier son élargissement à la force érosive de l'eau. En procédant de la sorte, on parvint à entraîner plus de 2 millions de m³ de matériaux dans le lac de Biene et à parachever le canal en 1887, après avoir encore procédé à quelques adaptations (section 4.1). Or l'Aar ainsi manipulée joua un tour à sa façon aux ingénieurs. L'ouvrage de déviation situé en amont d'Aarberg devait être ouvert pour la première fois le 17 août 1878, dans le cadre d'une cérémonie. Mais les eaux de l'Aar en crue empruntèrent le nouveau tracé dès la veille au soir, si bien que les invités trouvèrent un canal déjà rempli à leur arrivée.

L'Aar se fit aussi remarquer d'une autre manière: elle n'arrêta pas son travail de déblaiement au niveau prévu, mais poursuivit son action érosive. Il en résulta de nouvelles ruptures de talus dans la traversée des collines. On y construisit alors deux seuils transversaux en fascines revêtus de pierres de taille, ce qui, grâce à de gros travaux d'entretien, procura la stabilité souhaitée. Pourtant, on fut soulagé lorsque la centrale électrique de Hagneck, construite de 1897 à 1900 à l'embouchure du canal dans le lac de Biene, permit de contrôler le débit dans la coupure grâce à son barrage de régularisation (PETER 1922).

Fig. 115 Le pont de Hagneck construit en 1875 fut détruit en 1877 par un glissement de terrain qui avait déplacé une culée en pierres de l'arc d'acier.

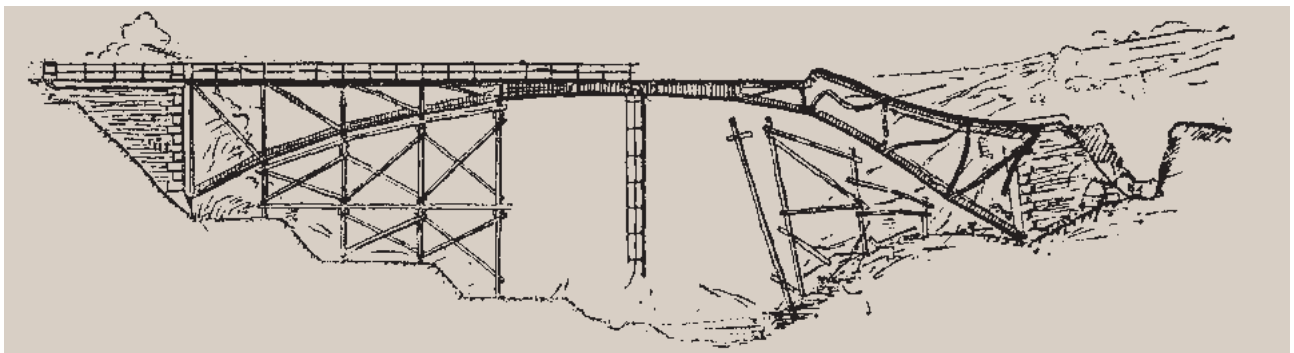




Fig. 116 Le chantier de la correction supérieure utilisa 5 bateaux de transport et 5 remorqueurs, acquis en 1876 puis revendus. On voit ici un de ces remorqueurs dans le port de Neuchâtel peu avant 1900, flanqué d'un bateau de transport et du bateau à vapeur «Jura».

Les canaux de la Broye et de la Thielle, des travaux d'adaptation

Les travaux de la correction supérieure furent entrepris en parallèle avec le chantier du canal de Hagneck. L'ingénieur en chef fut le Neuchâtelois Henri Ladame (1838–1926), qui avait suivi une formation d'ingénieur en mécanique au Polytechnicum fédéral de Zurich et commencé sa carrière comme conducteur de locomotive et ingénieur ferroviaire, à l'instar de son collègue bernois Bridel. Sa fonction fut ensuite reprise par François Borel (1842–1924), un autre ingénieur neuchâtelois. Le bureau de la direction des travaux fut installé successivement à Morat, Sugiez et Thielle. Les travaux d'élargissement et de rectification de la Broye, en vue de réaliser le canal du même nom reliant les lacs de Morat et de Neuchâtel sur une longueur de 8 km, commencèrent en 1874. En 1875, ce fut le tour de la Thielle, dont le canal de 8,5 km devait raccorder les lacs de Neuchâtel et de Bière. Une partie du parc de machines fut récupérée sur le chantier du canal Nidau-Büren et l'autre achetée à neuf.

Achèvement des travaux et aperçu de la 2^e correction des eaux du Jura

L'abaissement du niveau des lacs exigea de nombreuses adaptations sur les ports, les débarcadères et les murs des rives, notamment parce que de grands bateaux à vapeur sillonnaient déjà les lacs depuis 1826, aux côtés de la flotte traditionnelle. Il fallut encore assainir des marais dans toutes les régions plates, ce que l'on fit en construisant un vaste réseau de

canaux de drainage («correction intérieure»). La réception officielle des aménagements fluviaux achevés s'effectua en 1886 pour la correction supérieure et en 1891 pour la correction bernoise (EHRMANN 1974). La postérité évoqua la mémoire du médecin et politicien Johann Rudolf Schneider et de l'ingénieur Richard La Nicca en érigeant un monument en leur honneur. Inauguré en 1908 à Nidau, il porte l'inscription suivante:

«A ceux qui l'ont sauvé de sa grande détresse, le Seeland reconnaissant».

En envisageant des mesures subséquentes, La Nicca avait anticipé la deuxième correction des eaux du Jura. Elle fut surtout réalisée parce que les plaines assainies s'affaissaient sous l'effet d'un tassement du sol et d'une dégradation de la tourbe (par oxydation naturelle), si bien qu'elles étaient de nouveau vulnérables aux inondations. Réalisée de 1962 à 1973, la deuxième correction consista dès lors à consolider la première. Les canaux de la Broye, de la Thielle et de Nidau-Büren furent agrandis et une partie des aménagements repoussés lors de la première correction en aval de Büren, et surtout en aval de Soleure, à l'embouchure de l'Emme, furent réalisés à cette occasion (FREY 1954).



Fig. 117 La vallée inférieure de la Reuss uranaise, d'après K. F. Lusser, 1822, avec la Reuss (à gauche), le Schächen (en avant-plan) et le lac des Quatre-Cantons (au fond).

11 Autres corrections fluviales au 19^e siècle

Après les grandes corrections fluviales, ce chapitre décrit les aménagements réalisés sur la Birse, la Glatt, l'Aar entre Thoune et Berne, la Reuss uranaise, la Broye, la Grande-Emme et le Tessin. Il s'agit là d'un choix d'exemples. D'autres corrections fluviales, réalisées ou entamées avant 1900, n'ont pas trouvé place dans cet ouvrage. Elles concernent notamment les rivières suivantes:

En Suisse occidentale:

Noxon, Orbe, Gürbe, Aar de Meiringen à Brienz, Emme soleuroise;

En Suisse centrale et en Argovie: Petite-Emme, Reuss en amont de Bremgarten, Aar à Rupperswil et en aval de Böttstein;

En Suisse septentrionale:

Birse en amont d'Aesch, Wiese;

En Suisse orientale:

Töss, Thur, Rhin à Rüdlingen, Seez, Rhin postérieur, Landquart;

En Suisse méridionale:

Maggia de Ponte Ascona au lac Majeur.

11.1 La correction du cours inférieur de la Birse à partir de 1811

La correction du cours inférieur de la Birse est présentée comme exemple de correction précoce dans le versant nord du Jura. Sur ses 8 km inférieurs, du pont de Dornach au Rhin, la rivière coule dans une basse vallée large de 1 km. En amont de Neuwelt, elle doit cependant se frayer un passage à travers une barre rocheuse, sorte de point fixe subdivisant cette section en deux tronçons du point de vue de l'aménagement fluvial. L'histoire des travaux réalisés sur la rivière diverge donc d'un tronçon à l'autre.

Le tronçon inférieur, de 3,5 km, se trouve aujourd'hui en partie dans le canton de Bâle-Campagne et en partie sur la limite entre les deux Bâle. Avant la scission de 1833, il appartenait à la périphérie, diversement exploitée, de la ville voisine. Elle y prélevait de grandes quantités d'eau par l'entremise d'un canal dit de Saint-Alban. L'eau fut d'abord captée à Saint-Jacques, puis plus loin en amont. Finalement aménagé dans la barre rocheuse en 1625, le captage fut nommé «Birs wuhr Neuwelt» par référence au barrage marquant qui l'équipe. La longueur du canal de Saint-Alban en fut portée à 4 km. Plusieurs fois rénovée, cette installation de dérivation a été conservée jusqu'à nos jours (GOLDER 1984).

La ville de Bâle avait bien sûr intérêt à protéger l'ouvrage de captage et le canal de Saint-Alban, sur le



Fig. 118 Le cours actuel de la Birse, d'Aesch au Rhin.



Fig. 119 Le cours inférieur de la Birse, du captage du canal de Saint-Alban jusqu'au Rhin. Extrait d'un plan de G. F. Meyer, 1678.

bord gauche de la vallée, contre les sautes d'humeur de la Birse. Elle devait également assurer la praticabilité de la route principale qui traversait la vallée de la Birse en direction de Rheinfelden et de Liestal. De plus, certains propriétaires fonciers plus ou moins influents revendiquaient la vallée pour y pratiquer l'agriculture et souhaitaient qu'elle soit préservée au mieux des crues. Mais la Birse sollicitait également cette vallée par ses débordements et ses changements de lit. Il semble qu'une première correction partielle ait été tentée en 1650. Sur un plan de l'époque, un fossé de 1 km qui court au pied du flanc droit de la vallée à partir du barrage sur la Birse porte l'indication suivante: «Fossé

creusé il y a de nombreuses années par quelques citoyens pour servir de canal.» C'est probablement un canal-guide, qui a effectivement longé la Birse pendant un certain temps, comme le confirme un plan de 1678 (GOLDER 1984). Mais la rivière déborda de nouveau et retrouva son ancien lit. De nouveaux projets visant à canaliser la Birse furent élaborés au cours du 18^e siècle, mais sans être mis en œuvre.

Comme cela s'est passé sur de nombreux cours d'eau, les propriétaires de terres situées en aval de ce canal tentèrent de les préserver contre la rivière en construisant des digues offensives sur une seule berge. Tant que le lit de la Birse était large, il n'en résultait aucun dommage pour les voisins de la rive opposée. Mais le rétrécissement du lit déclencha plus d'une querelle. Une autre comparaison entre plans montre où se trouvait le nœud du problème: au 18^e siècle, la Birse se déplaça de 200 m vers la droite à cet endroit, en s'éloignant donc de la ville (GOLDER 1984). Mais comme son cours n'était pas suffisamment stabilisé, si ce n'est pas du tout, la rivière ne se conforma pas toujours aux vœux de l'être humain. C'est pourquoi on envisagea une correction du tronçon séparant Münchenstein du Rhin aux alentours de 1800.

En 1798, le géomètre et ingénieur autodidacte Johann Jakob Schäfer (1748–1823) de Seltisberg (BL) dressa un plan de la région, du barrage sur la Birse jusqu'au Rhin. Il y dessina le projet de correction qui fut finalement réalisé, en l'assortissant de l'annotation suivante: «Si la Birse ... est endiguée dans un nouveau lit sur la largeur normale requise par l'hydraulique de 10 perches bâloises (45 m), non seulement 270 arpents bâlois (env. 90 ha) de terre seront rendus cultivables, mais les terres déjà cultivables menacées par la Birse pourront aussi être raffermies, d'abord en plantant de bonnes espèces de saules, platanes, peupliers et aulnes, puis en aménageant des prés utiles et lucratifs» (extrait de GOLDER 1984). L'objectif consistait donc explicitement à préserver les terres arables et à en gagner de nouvelles. En 1807, Schäfer élaborait un projet similaire pour le tronçon de 2 km séparant Münchenstein du barrage sur la Birse. Il prévoyait

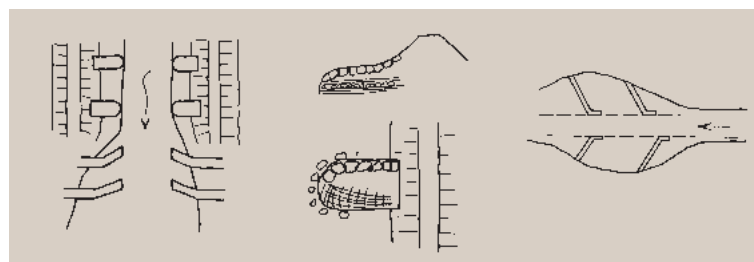


Fig. 120 Esquisses à la main de J. G. Tulla, provenant de lettres adressées à J. J. Schäfer vers 1811. Redessinées par E. Golder, 1984.

notamment de creuser un canal-guide le long d'un tracé fortement rectifié et de conférer un profil double au lit définitif.

En 1809, Schäfer se rendit sur la Linth en tant que maître hydraulicien bâlois paré du titre de Commissaire des terres, afin de visiter le chantier de la correction de la Linth. Il était accompagné d'un groupe d'ouvriers qui devaient apprendre comment poser des fascines. A sa demande, son projet de correction de la Birse fut soumis à Johann Gottfried Tulla (1770–1828), l'inspecteur des endiguements du Rhin du Grand-Duché de Bade, qui formula un avis positif en 1811. Dès lors, Schäfer et Tulla échangèrent une intéressante correspondance technique, qui dura fort longtemps. Tulla fut à nouveau sollicité lorsque le barrage sur la Birse fut endommagé par des crues en 1813 et en 1814, puis réparé, et finalement déplacé (VISCHER 2000a).

Les travaux inhérents à la correction de la Birse de Münchenstein au Rhin débutèrent en 1811. Ils furent dirigés par Schäfer puis, à son décès, par Andreas Merian (1794–1880), l'inspecteur bâlois des routes et des cours d'eau. Ils visaient surtout à conférer le nouveau cours prévu à la rivière et à le consolider avec des rangées d'épis presque sans lacunes.

Dans un premier temps, il ne se passa rien sur la Birse en amont de Münchenstein, mais on y avait déjà construit auparavant quelques ouvrages ponctuels de défense contre les eaux. Des documents font état d'un arrêté du gouvernement de Bâle-Campagne de 1850 qui vise à subventionner une construction entreprise par la commune d'Aesch et, de surcroît, à «trouver un accord avec les gouvernements de Soleure et de Berne pour prolonger la correction de la Birse en amont de Dornach». La loi sur les eaux et sur la police des eaux adoptée en 1856 par le peuple bâlois reflète le même souci de coordination. Mais, comme l'écrit BOTTINO (1977), «les circonstances prévalaient (encore à l'époque) sur l'autorité de la loi».

La stabilisation définitive des berges entre Münchenstein et le Rhin n'a sans doute été réalisée que dans les années 1870. Curieusement, seule cette intervention fut qualifiée par la suite de «première» correction de la Birse (GOLDER 1984). Pourtant, on ne devrait rien y voir de plus que l'achèvement des aménagements mis en œuvre par Schäfer. Peut-être avait-on remis les pendules à zéro en 1833, lors du partage en deux demi-cantons. Peut-être avait-on dû tellement réparer le cours existant après 1870 que ces travaux apparurent comme une nouvelle correction aux intéressés; mais dans ce cas, il se serait agi de la «deuxième» correction de la Birse. En tout état de cause, le «deuxième rang» est désormais réservé aux aménagements qui furent réalisés sur la rivière à l'aube

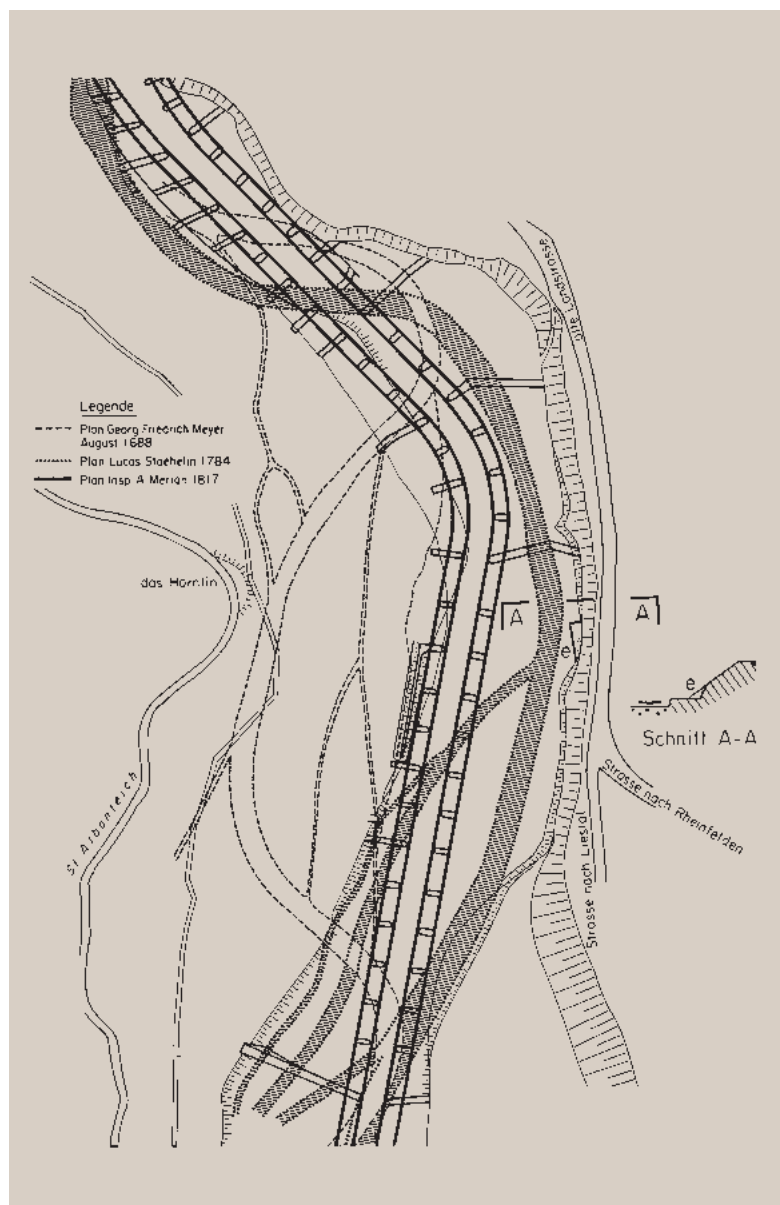


Fig. 121 Le cours de la Birse entre Saint-Jacques et Birsfelden. En traitillé: état en 1688; en pointillé: état en 1784, avec une proposition d'ouvrage longitudinal pour assurer la stabilité de la route riveraine (en e); en trait continu: projet de correction de A. Merian de 1817. Dessin de E. Golder, 1984, d'après A. Merian.

du 20^e siècle, avec l'aide de la Confédération. La «deuxième» correction de la Birse s'avéra nécessaire suite à la crue extraordinaire de 1881, qui mit les réalisations antérieures à rude épreuve. Si la pertinence des travaux effectués sur le tronçon supérieur fut confirmée pour l'essentiel, la section inférieure révéla des faiblesses, qui exigèrent de nouvelles mesures. L'augmentation de la densité de la population dans la vallée de la Birse entre Bâle et Birsfelden en faisait de toute façon une région toujours plus sensible.

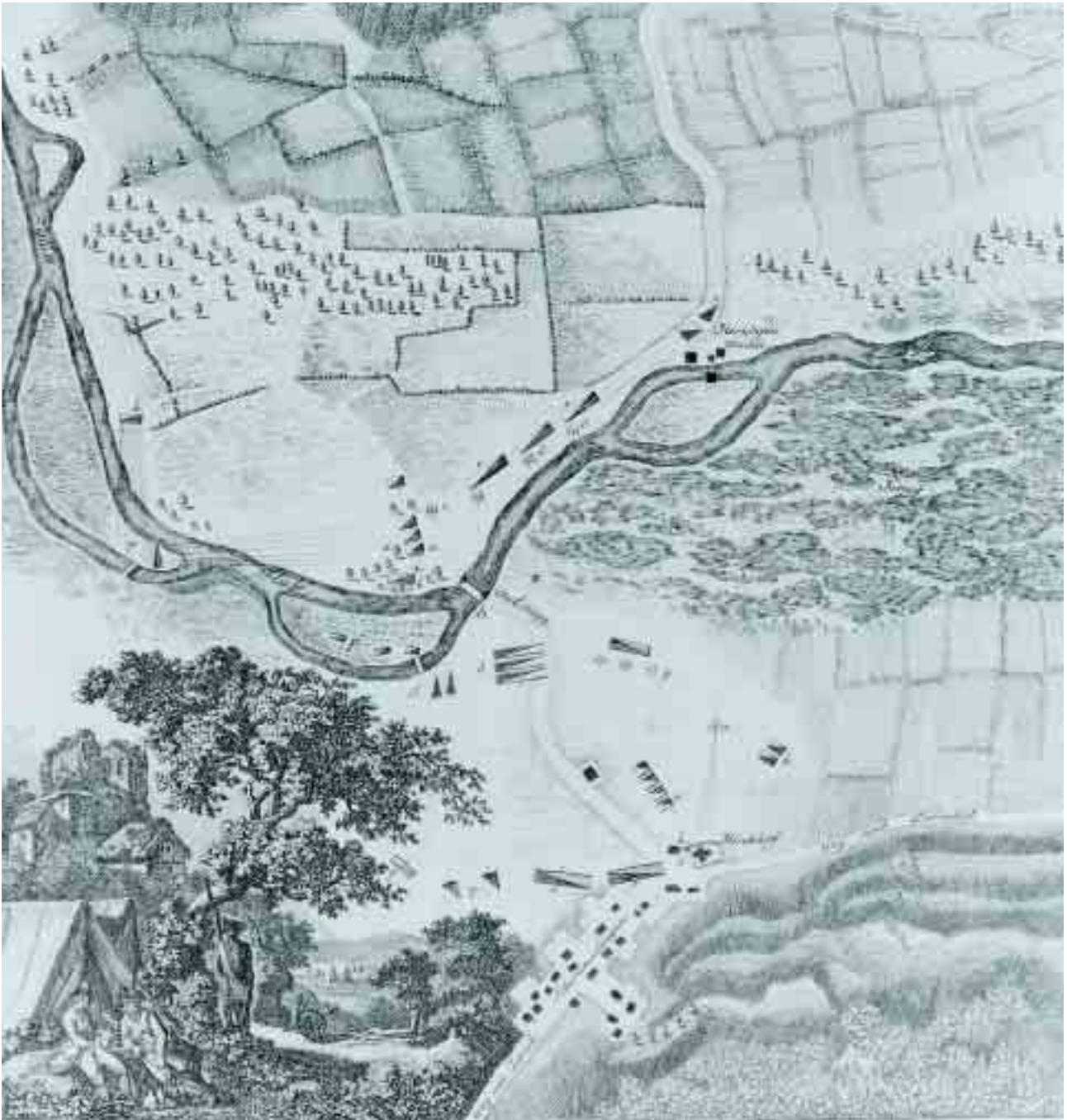


Fig. 122 Le cours supérieur de la Glatt entre Wallisellen et Schwamendingen. Manœuvres de troupes zurichoises le long de la chaussée reliant Zurich à Winterthur, en 1774.

11.2 La correction de la Glatt à partir de 1813

La correction de la Glatt inférieure de 1813 à 1830

La Glatt commence au Greifensee et se jette dans le Rhin à Rheinsfelden, un hameau de Glattfelden. Son cours de 36 km a ceci de particulier que sa pente aug-

mente d'amont en aval. Naguère, la rivière s'écoulait très lentement dans ses cours supérieur et médian, ce qui favorisait les débordements et l'extension des marécages. En 1700, quelque 55 km² de la vallée de la Glatt auraient été marécageux. Dans son cours inférieur, elle était impétueuse, comme la Töss voisine. Elle dévastait «... le fond de la vallée en détruisant les berges et en arrachant les sols fertiles» (DFI 1896).

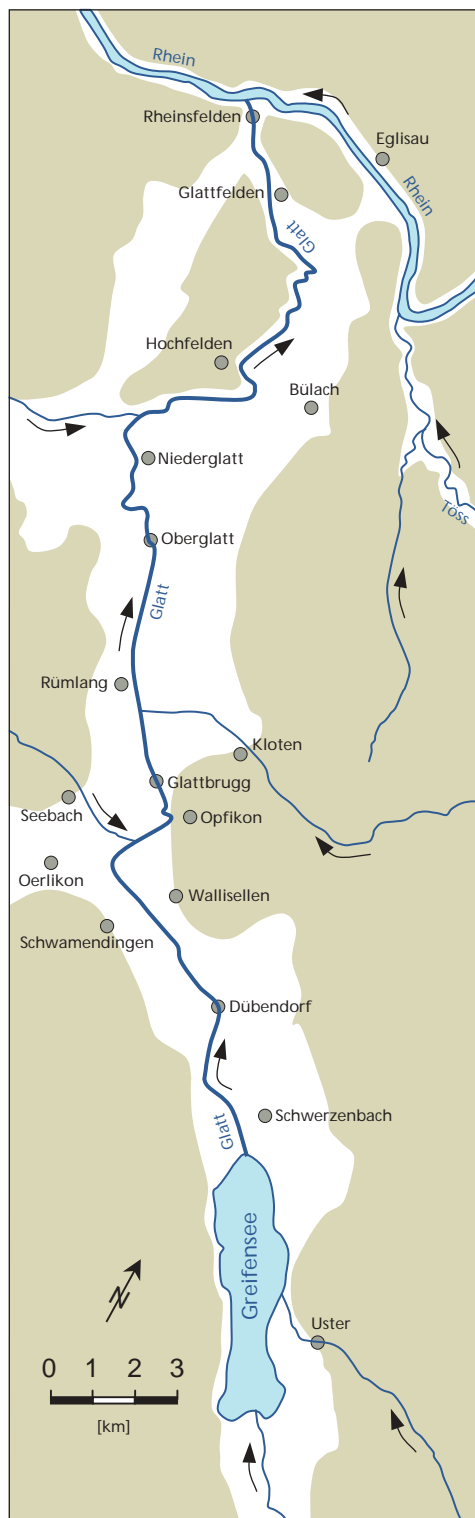


Fig. 123 Le cours actuel de la Glatt, du Greifensee au Rhin.

L'objectif des travaux de correction différait en conséquence: dans les cours supérieur et médian, il fallait augmenter la capacité d'écoulement et abaisser le fond du lit, tandis qu'on devait s'efforcer de fixer le lit de la rivière dans le cours inférieur.

Des travaux de correction ponctuels avaient déjà été effectués au début du 17^e siècle (section 5.5). Mais il fallut attendre le début du 19^e siècle pour que des aménagements de plus grande ampleur soient réalisés. Ils furent suscités par la dégradation des conditions: «Au cours des années 1807 à 1810, les inondations de la Glatt s'étaient reproduites avec une ampleur accrue et au plus mauvais moment (juste avant ou pendant la fenaison). La nécessité d'une amélioration radicale du cours de la rivière se fit toujours plus vivement ressentir. Des pétitions parvinrent de toutes parts au gouvernement. Elles dépeignaient le triste état des différents secteurs de la vallée, décrivaient les méfaits des inondations sur les produits du sol et la prospérité de la population elle-même, et demandaient qu'on prenne les mesures les plus urgentes pour remédier à l'avancée incessante de ces maux que sont les inondations annuelles et la progression des marécages dans la vallée. Un rapport de la commission sanitaire a signalé que la vallée de la Glatt était affectée par un nombre inhabituel de maladies depuis de nombreuses années et qu'une inquiétante épidémie était apparue à Rümlang et Oberglatt à fin 1811. Elle avait l'impression que la propension à la maladie s'accroissait plutôt qu'elle ne diminuait» (BAUDIREKTION ZH 1867).

En 1812, Hans Conrad Escher (1767–1823), le directeur des travaux de la Linth, rédigea un rapport sur les conditions régnant sur la Glatt et l'assortit de recommandations visant à corriger la rivière (HOTTINGER 1852). Il ajouta deux observations importantes aux descriptions précédentes du cours de la Glatt: dans les tronçons supérieur et médian, l'écoulement était certes ralenti du fait des faibles pentes, mais aussi par «onze moulins construits très inopportunistement sur la Glatt»; dans le tronçon inférieur, les eaux de la rivière ne commettaient pas seulement des ravages, elles irriguaient également les prés, même sur les périmètres recouverts d'alluvions. Escher détermina une limite entre Glattfelden et Hochfelden dans l'optique des travaux d'aménagement de la rivière. Le tronçon de 30 km situé en amont devait être abaissé de 1,2 à 1,8 m, de même que le Greifensee. Ainsi, la Glatt devait passer à côté des moulins, ce qui signifie qu'ils seraient désormais situés sur des canaux de contournement. Les barrages destinés à prélever l'eau nécessaire à leur fonctionnement ne devaient plus gêner l'écoulement des crues de la rivière. Quant au tronçon de 6 km en aval de la limite fixée par Escher, il devait suivre un tracé tel que le courant ne puisse plus éroder les flancs de la vallée, ni



Fig. 124 Vue de la nouvelle galerie à l'embouchure de la Glatt dans le Rhin, vers 1820.

épandre des alluvions dans la plaine de Glattfelden. La commission cantonale d'aménagement des cours d'eau se rangea à l'avis d'Escher et présenta son rapport au Conseil d'Etat. Il décida ce qui suit la même année 1812: «La correction de la rivière Glatt de son embouchure dans le Rhin jusqu'au Greifensee ainsi que l'abaissement simultané du niveau du lac doivent être exécutés selon la proposition de Hans Konrad Escher et sous la direction de la commission cantonale d'aménagement des cours d'eau.»

Le lecteur contemporain remarquera que cette décision prescrivait l'objectif de la correction, mais aussi le sens d'avancement des travaux: du Rhin au Greifensee, c'est-à-dire en remontant le courant! Cette option était parfaitement pertinente pour creuser un nouveau lit. Mais pour approfondir un chenal existant, un avancement vers l'aval s'avérait généralement plus judicieux. En tout état de cause, la direction de progression des corrections n'était pas claire de prime abord autrefois. Elle faisait l'objet de discussions entre spécialistes, voire de débats enflammés.

Le canton ne voulait endosser que les coûts inhérents au projet et à la direction des travaux. Le chantier lui-même devait être financé par les riverains et par les communes concernées, ce qui représentait une lourde charge pour eux. De ce fait, 9 des 27 communes refusèrent d'abord de fournir une participation, 2 émirent des réserves et 16 seulement donnèrent leur accord sans conditions. Comme Glattfelden figurait dans le

dernier groupe, les travaux y commencèrent en 1813 (BRETSCHER 1952). On notera avec intérêt que le dernier méandre de la Glatt avant le Rhin fut coupé par une galerie de 90 m, afin de protéger Rheinsfelden qui était situé sur une falaise sujette à l'affouillement. Actuellement, on ne voit plus cette galerie achevée en 1822 et revêtue d'une maçonnerie en 1885, car elle a été remplacée par une nouvelle galerie lors de la construction de la centrale électrique d'Eglisau, entre 1914 et 1919. Le barrage du moulin de Glattfelden était et restait un point faible. Il fut bientôt le siège de débordements dévastateurs en période de crue, ce qui nécessita des «rapiécages» jusque dans les années 1830.

La section de Glattbrugg à Hochfelden fut corrigée de 1817 à 1830 et rectifiée sur plusieurs kilomètres. Elle comprenait différents barrages pour irriguer les prés et pour alimenter 6 moulins, qu'il fallait abaisser en même temps que le lit de la Glatt. Les moulins d'Oberglatt et de Hofstetten (près de Niederglatt) furent même démantelés. Le résultat de ces mesures, pas toujours réalisées de manière cohérente, était manifestement peu convaincant. L'envie de poursuivre et d'améliorer la correction de la Glatt se dissipa auprès de la population et l'on ne s'attaqua pas au tronçon séparant le Greifensee de Glattbrugg. Le fait que le canton se soit déclaré prêt à participer aux coûts dans une mesure accrue et à prendre en charge les travaux d'entretien à partir de 1840 n'y changea rien.

La correction globale de 1878 à 1895

En 1852, une grosse inondation incita les communes de Schwerzenbach à Opfikon et Seebach à demander l'achèvement des travaux. L'association «Glatttalverein» fit remarquer en 1856 que de nombreuses plaintes étaient déposées au sujet de seuils non autorisés construits par des propriétaires de fabriques et de moulins. Mais il ne se passa pas grand-chose sur-le-champ. En 1865, ce furent justement les propriétaires de ces ouvrages hydrauliques décriés, du Greifensee à Wallisellen, qui relancèrent l'affaire. Ils proposèrent de flanquer la Glatt d'un long canal latéral, ce qui obligea le gouvernement à prendre position. Sa réponse fut la suivante: «Aussi longtemps que l'exutoire du lac ne peut pas être abaissé, les canaux les plus beaux et les plus rectilignes ne permettront pas d'éliminer les maux.» Il fallut encore deux événements pour que le canton passe à l'action. La loi cantonale sur l'exploitation des eaux et sur les constructions hydrauliques, qui comprenait une nouvelle répartition des compétences et des charges, entra en vigueur en 1872. Puis la crue catastrophique de 1876 détruisit une grande partie des aménagements réalisés sur les sections inférieures de la Glatt (BRETSCHER 1952).

Une correction globale de la Glatt, du Greifensee au Rhin, fut enfin réalisée de 1878 à 1895, avec l'aide de la Confédération. Le nouveau lit fut confiné entre des digues et pavé pour assurer la protection des berges. Les ouvrages hydrauliques furent adaptés et le Greifensee, abaissé, doté d'un barrage de régularisation

Fig. 125 La correction de la Glatt entre Hochfelden et Glattfelden. D'après Th. Nosek, 1881.



simple. Mais on renonça généralement à construire des canaux d'assainissement et à réaliser des travaux d'améliorations foncières, ce à quoi il fallut remédier au 20^e siècle. La réalisation de ces compléments fut notamment motivée par l'expansion très rapide des communes de la vallée de la Glatt (HARRI 1978). Entre-temps, Schwamendingen, Oerlikon et Seebach avaient été rattachées à la commune de Zurich. La région de l'aéroport de Kloten est certainement le témoin le plus connu des anciens marais de la vallée de la Glatt.

11.3 La correction de l'Aar entre Thoue et Berne à partir de 1824

Situation avant la déviation de la Kander en 1714

L'Aar parcourt actuellement 28 km entre le dernier pont de Thoue et le barrage du Schwellenmätteli à Berne. Son cours était plus long de quelques kilomètres avant sa correction. Celle-ci n'a pas consisté à couper une série de méandres dans une rivière très sinueuse, mais à transformer un cours d'eau ramifié en canal légèrement incurvé. Au 17^e siècle, les ramifications, ainsi que les îles et les zones alluviales qui vont de pair, étaient concentrées sur deux tronçons: le premier se trouvait entre Thoue et la falaise affouillée de l'Uttigenfluh, au nord d'Uttigen, et le second entre le Schützenfahr, un passage situé à l'ouest de Münsingen, et l'actuelle embouchure de la Gürbe, au nord de Kehrsatz.

Les riverains de Thoue à Berne essayaient évidemment de se protéger contre les flots de l'Aar qui les menaçaient. Mais la tâche était ardue, surtout le long des deux tronçons ramifiés. L'Aar, au comportement sauvage, ne s'y laissait pas domestiquer facilement par des stabilisations ponctuelles des berges. Lors de grosses crues, elle changeait fréquemment son cours et débordait parfois à gauche et parfois à droite. L'aménagement de digues offensives, moyen fréquemment utilisé à l'époque pour protéger les berges, était onéreux et peu prometteur. Les actions ponctuelles s'avéraient vaines. Il arrivait toutefois que des communes s'entendent pour instaurer une certaine coordination. Une charte édictée par celles de Münsingen et de Belp, riveraines de l'Aar, révèle les conditions qui régnaient au 17^e siècle. Elles se sont engagées en 1697 à respecter les points suivants (OBI 1916b):

- «Les futurs seuils seront exécutés sur les deux côtés, si possible sur une même ligne, et laisseront à l'Aar

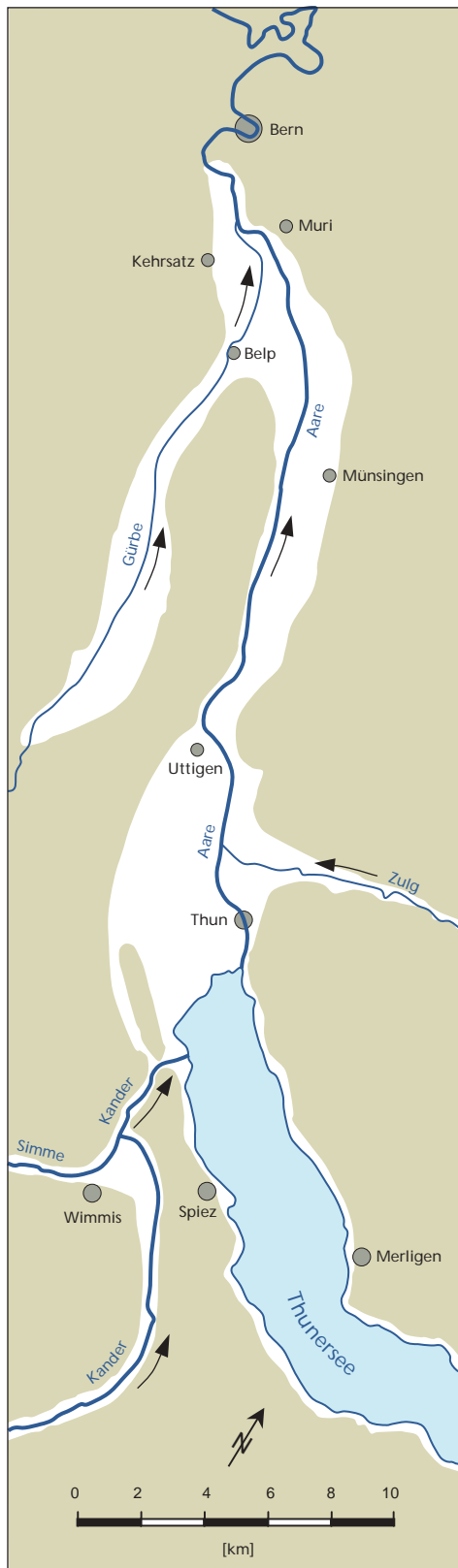


Fig. 126 Le cours actuel de l'Aar, de Thoune à Berne.

un espace suffisant de 26 toises ou de 208 pieds (62 m) entre eux.

- Il y a lieu de procéder à un abornement; chaque commune sera représentée lors de la remise en état des bornes.
- Sur les tronçons prescrits, les deux communes n'aménageront que des seuils de protection (ouvrages longitudinaux placés le long des berges), mais pas de digues offensives.
- Avant de construire un nouveau seuil, il y a lieu d'aviser l'autre commune au préalable, afin qu'elle puisse donner son accord.
- A l'avenir, les deux communes devront vivre en bon et agréable voisinage.»

Les régimes d'écoulement et de charriage de l'Aar étaient fortement influencés par la Kander et par la Zulg. L'embouchure de ces torrents redoutés se trouvait à 3 km en aval du barrage de Thoune, en rive gauche et en rive droite de l'Aar. A partir de ce point, leurs crues, qui se développaient rapidement et charriaient de grandes quantités de matériaux, provoquaient comme des chocs sur un milieu fluvial encore instable. Elles étaient à l'origine des bouleversements et des dangers dont il a déjà été question. La Kander a été détournée dans le lac de Thoune lors de la coupure de 1714 (chapitre 6). Dès lors, seule la Zulg se jetait encore dans l'Aar en aval de Thoune, ce qui eut deux conséquences. D'une part, les flots issus du lac étaient grossis par les eaux de la Kander jusqu'à l'embouchure de la Zulg, surchargeant d'autant le cours de l'Aar sur ce tronçon. D'autre part, les crues de la Zulg n'étaient plus augmentées des débits de pointe non atténués de la Kander, ce qui déchargeait considérablement l'Aar jusqu'à Berne et plus loin en aval, mais ne résolvait pas tous les problèmes.

Les travaux visant à protéger Thoune

Il est difficile de comprendre a posteriori pourquoi l'on a augmenté notablement les apports d'eau dans le lac de Thoune en y détournant la Kander, sans augmenter au préalable la capacité d'écoulement de l'Aar à Thoune. Certes, on ne disposait pas encore des bases topographiques et hydrologiques – en particulier de l'équation de rétention – nécessaires pour se livrer à des calculs précis sur la dynamique du lac. Mais tous les intéressés savaient certainement que l'acheminement des crues de la Kander dans le lac de Thoune allait surcharger considérablement l'Aar à Thoune. Et les Thunois signalaient cette corrélation avec véhémence. L'auteur du projet de déviation de la Kander, Samuel Bodmer (1652–1724), avait prévu dans son plan certaines mesures pour augmenter la capacité



Fig. 127 Plan de Thoune et du cours de l'Aar en aval de la ville, avec l'embouchure de la Kander et de la Zulg. En traitillé: le nouveau lit de l'Aar prévu par S. Bodmer en 1710. Sens de l'écoulement: de gauche à droite.

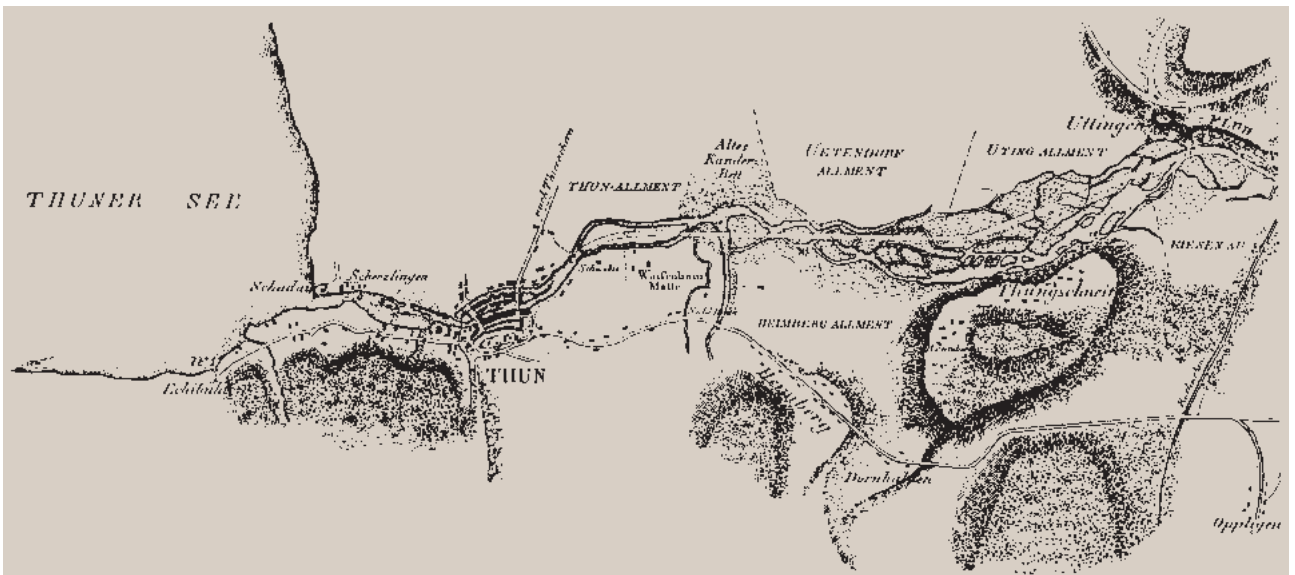
d'écoulement à Thoune et en aval de la ville. Mais elles furent manifestement laissées de côté par le Comité directeur de la Kander, avec l'assentiment de ces Messieurs de Berne, ou remises à une date indéterminée. Voulait-on simplement tenter le coup?

Quoi qu'il en soit, la déviation de la Kander en 1714 fut d'abord une source de calamités pour les habitants de Thoune et les riverains du lac. C'est pourquoi on s'efforça de réaliser après-coup les adaptations nécessaires, mais elles eurent longtemps des relents de bricolage. Les travaux se concentrèrent sur le tronçon de l'Aar qui traversait Thoune (section 6.4), tandis qu'une énergie moindre fut déployée en aval de la ville. C'est ainsi que la canalisation de l'Aar jusqu'à l'aval d'Uttigen, proposée par Bodmer, ne fut pas réalisée. A la place, le Comité directeur de la Kander se contenta de faire creuser en 1717 une petite coupure dans une

boucle de l'Aar située juste en aval de la ville. Ce canal fut à nouveau comblé quelques années plus tard, «d'autorité» ou «suite à un malentendu», comme le remarqua Koch (1826) (OBI 1916b).

En 1720, Emanuel Gross (1681–1742) fut mandaté par Berne pour réaliser son «Projet permettant de prévenir l'inondation de Thoune et des communes lacustres de ce lieu». Outre plusieurs améliorations dans le secteur de la ville, il prévoyait d'aménager un canal de 1 km jusqu'à l'embouchure de la Zulg, sans doute à la place et en prolongation du canal déjà mentionné. Voici ce qu'écrivit Koch (1826) à ce sujet: «Sur ce ... tronçon, le lit de la rivière fut rectifié sous le nom de canal de l'Allmend et débarrassé d'un vieux seuil qui se trouvait en son milieu, les berges furent consolidées et le lit approfondi avec des rames garnies de ferrures (section 4.3), qui avaient été utilisées avec succès à Genève.

Fig. 128 Le cours de l'Aar de Thoune à Uttigen. Extrait d'un plan comprenant une esquisse de projet de J. J. Oppikofer, 1826.



Cela fonctionna si bien qu'un rapport de l'époque signale déjà qu'il n'y a plus de «Schwäbis» (lieu-dit témoignant d'un écoulement lent) au bas de la ville de Thoune, mais un puissant courant jusqu'à la Zulg». Le canal de l'Allmend fut considéré comme «la principale amélioration de la situation à Thoune» (OBI 1916b).

Sa prolongation par un canal d'Uttigen, construit sur plus de 1 km de l'embouchure de la Zulg en direction d'Uttigen, s'avéra moins pertinente. Seule une partie des eaux de l'Aar coula dans ce qui ne fut jamais qu'un chenal complémentaire. Il ne tarda pas à se combler à son extrémité inférieure, puis il s'assécha et fut abandonné en 1725 (OBI 1916b). Ce phénomène était notamment imputable au fait que l'Aar devenait de plus en plus sauvage dans ce secteur, sous l'influence de l'important charriage en provenance de la Zulg – «... les ouvrages ponctuels ne suffisaient pas pour assurer la sécurité des terrains environnants, le cours de la rivière divaguait de plus en plus et dévastait constamment d'importantes portions de territoire» (OBI 1916b).

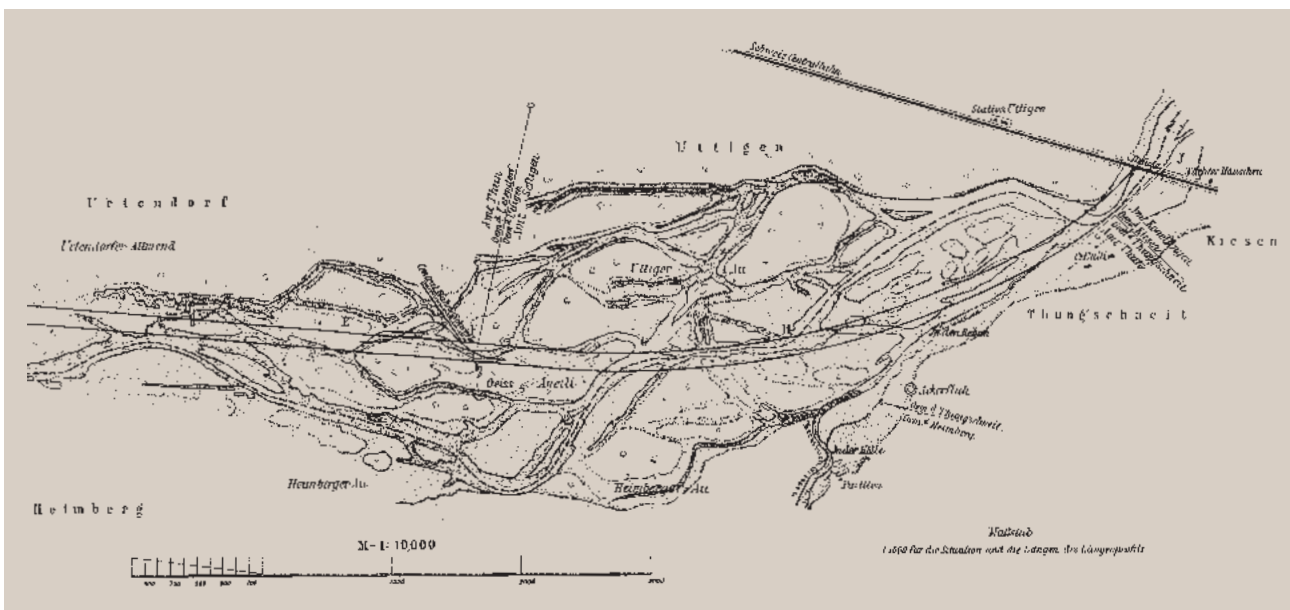
Signalons encore que la Société économique de Berne, fondée en 1759, organisa plusieurs concours relatifs à l'aménagement de cours d'eau. Voici par exemple une question posée en 1762 (HUGLI 2002): «Quels sont les moyens les plus assurés, pour contenir dans leurs lits les Torrens et les Rivières de ce pays, particulièrement l'Aar, de préserver le plus sûrement et à moins frais, les fonds adjacens, des ravages et des inondations auxquels ils sont exposés, et quelle méthode, quels matériaux sont les plus propres pour la construction

et l'entretien le plus facile des digues entreprises dans ce but.» En 1774, la Chambre bernoise des bannerets lança un appel d'offres similaire. Ces efforts s'appliquaient à toutes les eaux bernoises, y compris le cours bernois de l'Aar, qui allait alors jusqu'à Brugg.

La correction de l'Aar entre Thoune et l'Uttigenfluh de 1871 à 1892

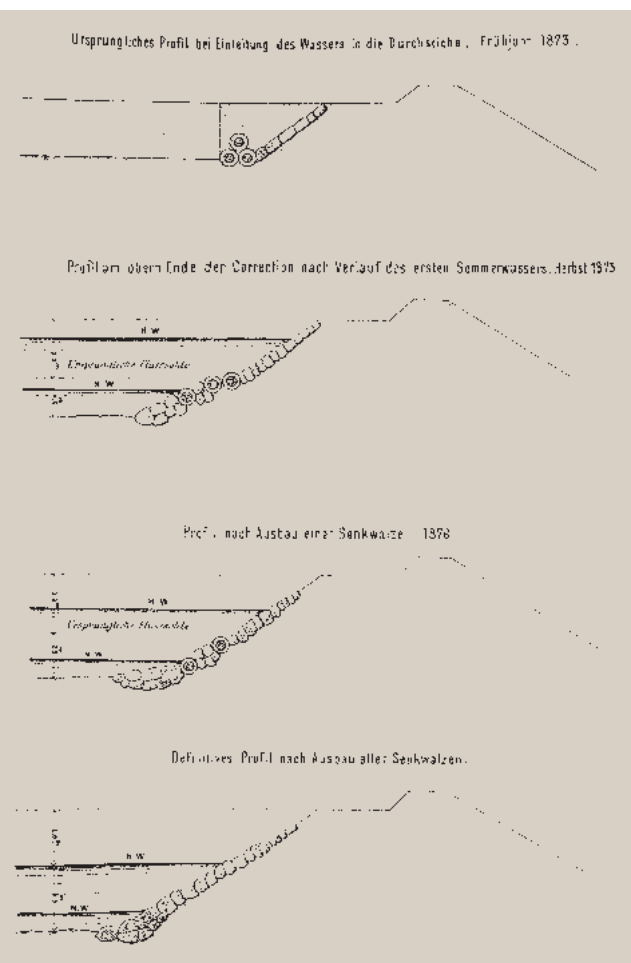
Comme la Zulg et son charriage représentaient le principal élément perturbateur, on tenta d'améliorer son embouchure entre 1795 et 1796. La dernière section de la Zulg fut incurvée parallèlement à l'Aar, afin qu'elle puisse se débarrasser de son charriage avant de se jeter dans l'Aar. Mais les travaux réalisés s'avèrent insuffisants. Un autre projet visant à corriger la Zulg à son embouchure fut entrepris au début du 19^e siècle, puis abandonné. Aucun aménagement important ne fut donc construit sur l'Aar entre Thoune et Uttigen pendant une longue période. La «pause» dura des années 1720 aux années 1870, soit environ 150 ans. On avait certes institué en 1781 une autorité nommée Direction de l'Aar, dont la compétence s'étendit bientôt à l'ensemble des aménagements hydrauliques de Thoune à Berne et qui devait coordonner la construction des ouvrages d'endiguement sur l'Aar. Mais ce furent l'effondrement de l'ancienne Berne et de la République helvétique, ainsi que d'autres circonstances – dont la correction de l'Aar du Schützenfahr à l'embouchure de la Gürbe de 1824 à 1859 (voir section suivante) et diverses tribulations politiques – qui marquèrent le tournant.

Fig. 129 «Rectification et endiguement de l'Aar entre Thoune et Uttigen». Extrait d'un plan de J. Zürcher, 1876.



En 1805, le nouveau gouvernement bernois nomma une commission des endiguements en remplacement de la Direction de l'Aar et la plaça sous la direction du juriste Karl Koch (1771–1844) de Thoune, un expert en matière d'aménagement fluvial. Elle acquit bientôt la conviction qu'il était temps de planifier globalement les travaux sur l'Aar de Meiringen à Berne, avec le concours de spécialistes. Hans Conrad Escher (1767–1823), le directeur des travaux de la Linth, fut invité à visiter les lieux en 1810. Ayant procédé à quelques jaugeages, il fournit après quelques mois seulement un «mémoire détaillé et instructif sur la construction fluviale et sur l'Aar en amont de Berne» (Koch 1826). Ce document se terminait par cette recommandation facile à retenir: «Soit on laisse libre cours aux fleuves, soit, si l'on commence à façonner leurs berges, on doit le faire en ayant une vue exhaustive de la situation et en recourant à l'expertise la plus large» (section 4.1). L'intervention d'Escher déclencha le levé de plans au 1:2000 et un nivellement du cours de l'Aar. Sur ce, l'expert en aménagement fluvial Johann Gottfried Tulla

Fig. 130 Correction de l'Aar: «Profils types pendant la formation du lit de la rivière en 1873–1883».



(1770–1828) de Karlsruhe fut invité sur les bords de l'Aar. Il visita les lacs de Brienz et de Thoune ainsi que l'Aar entre Thoune et Berne en 1811, puis il rédigea également un mémoire. Il y recommanda de poursuivre les jaugeages et les nivellements en périodes de crues extrêmes et d'organiser des observations des niveaux d'eau. Mais ses propositions d'aménagement concernaient essentiellement le tronçon de l'Aar qui part du Schützenfahr vers le nord.

La commission des endiguements avait l'intention de donner suite aux expertises d'Escher et de Tulla. Mais seule l'acquisition de données de base fut mise en œuvre. Aucun projet détaillé ne fut élaboré. On se contenta de poursuivre les interventions localisées et d'essayer quelques types d'épis (Koch 1826), si bien que l'Aar continuait de devenir toujours plus sauvage. Le tableau suivant se dégage si l'on regroupe les principales plaintes formulées au milieu du 19^e siècle (Hofmann 1990):

- Les crues de l'Aar ont provoqué des débordements qui ont directement menacé les riverains. «Les cornes d'alerte ont de nouveau retenti!», lit-on dans quelques rapports.
- Les inondations ont anéanti des cultures; de plus, beaucoup de terres cultivables ont été perdues à cause de l'érosion et des épandages d'alluvions.
- L'obligation d'effectuer des travaux d'endiguement, instituée définitivement avec la loi cantonale sur les constructions hydrauliques de 1857, chargeait exagérément ceux à qui elle incombait, dont les bateliers; et le bois vint bientôt à manquer pour construire les ouvrages de protection.
- Les navigateurs par bateau et par radeau se plaignaient du manque de sécurité du chenal navigable, qui changeait fréquemment. Des accidents se sont produits lors de descentes de l'Aar; il n'y avait pas de chemin de halage continu pour remonter la rivière.
- La Schweizerische Centralbahn, inaugurée en 1859 entre Berne et Thoune, a marqué un recul de la navigation sur l'Aar. Mais la gare d'Uttigen était menacée par des ruptures de berges; le pont ferroviaire sur l'Aar au nord d'Uttigen et la voie ferrée en face de l'embouchure de la Zulg rencontraient également des problèmes de sécurité.

La demande d'une correction de l'Aar devint toujours plus pressante. La nomination de Johannes Zürcher (1831–1892) d'Eriswil (BE) au poste d'ingénieur de district en 1863 lui procura l'appui d'un expert. Zürcher élaborait un projet qui fut approuvé en 1870 par le Conseil d'Etat bernois, sous une forme modifiée par l'ingénieur cantonal Emile Oscar Ganguillet



Fig. 131 «Vue dessinée à Mouri près de Berne». Le cours de l'Aar à Muri est encore pratiquement intact. Tableau de J. L. Aberli, contre le sens du courant, vers 1784.

(1818–1894) de Cormoret. Il englobait le tronçon de l'Aar de presque 4 km qui séparait Thoune du pont ferroviaire d'Uttigen, ainsi que la partie inférieure de la Zulg. Ce projet prévoyait de canaliser l'Aar et d'incurver le tronçon de la Zulg menant à son embouchure en direction de l'écoulement de l'Aar; jusqu'alors, il était orienté vers l'amont de l'Aar. Les travaux commencèrent en 1871.

L'Aar fut dotée d'un profil trapézoïdal avec un lit large de 40 m. On aménagea une berme entre les talus et les digues, hautes d'à peine 1 m, pour servir au halage des embarcations. Les berges furent protégées par un pavage de moellons durs reposant sur une assise de fascines à noyau disposées parallèlement à la rivière. Le nouveau lit de la Zulg fut consolidé par un ouvrage de chute en pierres et en bois construit à son embouchure (ZÜRCHER 1876).

Les travaux furent adjugés en trois lots à des entrepreneurs. Le chantier avança généralement vers l'aval. Selon le procédé usuellement appliqué, on creusa un canal-guide le long du nouveau tracé de l'Aar et on laissa ses flots achever l'excavation. Les pierres servant à protéger les berges provenaient des carrières de Merligen, au bord du lac du Thoune. Elles furent acheminées par

bateau jusqu'à Thoune, puis par barque sur l'Aar.

Tous les travaux furent exécutés à la main sur le chantier même; on ne disposait manifestement d'aucune machine.

Les travaux, plus longs que prévu, se prolongèrent jusqu'en 1892 en raison de différents déboires sous la forme de ruptures de digues, rehaussements du lit, etc. Mais les premiers effets bénéfiques se firent déjà ressentir avant la fin du chantier. Certaines questions critiques déclenchèrent une expertise, réalisée en 1877 par l'ingénieur William Fraisse (1803–1885) de Lausanne et le professeur Karl Pestalozzi (1825–1891) de Zurich. Ils recommandèrent notamment de prolonger la correction de l'Aar du pont ferroviaire à l'Uttigenfluh, ce qui amenait la longueur du tronçon à corriger à 7 km.

Enfin, une pierre commémorative posée sur la berge de l'Aar en face de l'embouchure de la Zulg retient de manière claire et concise que (HOFMANN 1950):

«L'association dans l'intérêt public des riverains et de la Schweizerischen Centralbahn, aidés par le canton de Berne et par la Confédération suisse, a permis, sous la direction et la surveillance énergiques de l'ingénieur de district Monsieur J. Zürcher, de conférer un cours

régulier à cette rivière sauvage et d'assurer la protection et la sécurité de ses berges. 1871–1892.»

La correction entre le Schützenfahr et l'embouchure de la Gürbe de 1824 à 1859

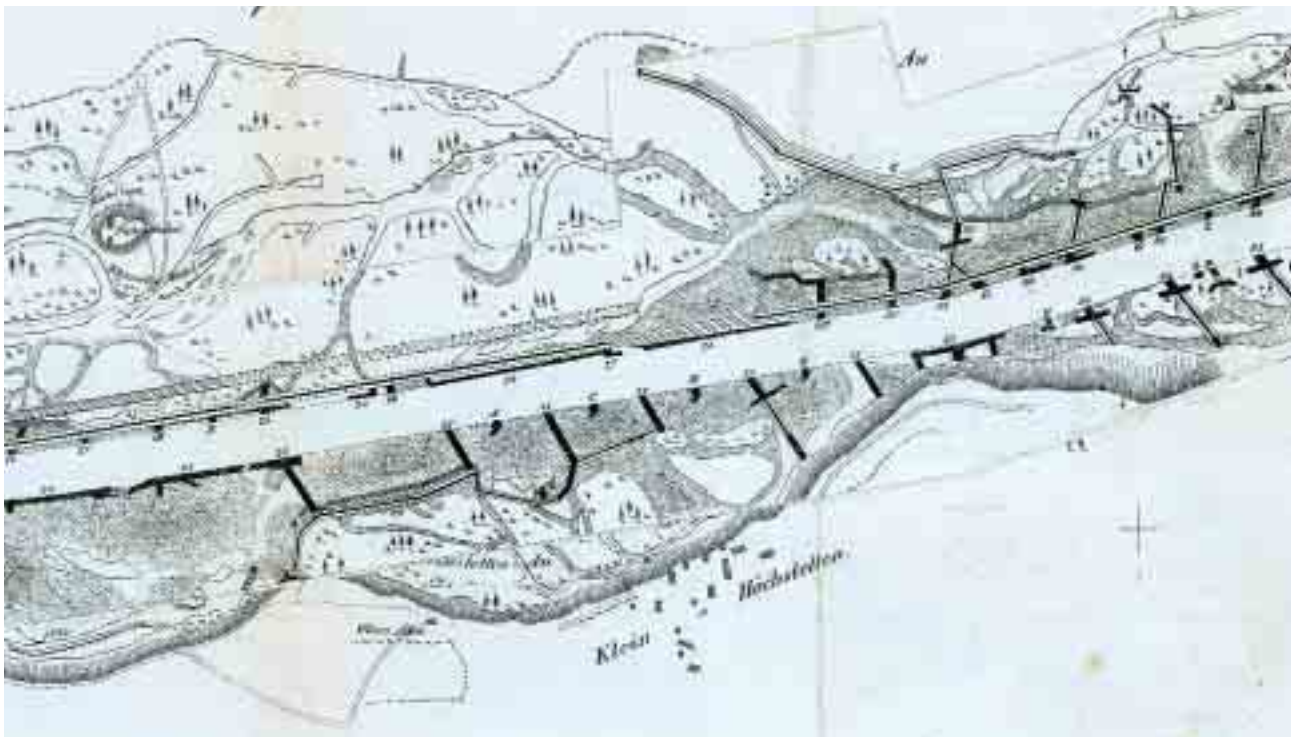
Sur le tronçon de 7 km qui sépare l'Uttigenfluh du Schützenfahr, à l'ouest de Münsingen, il fallait simplement régulariser l'Aar, c'est-à-dire fixer son cours naturel au moyen d'aménagements appropriés. Du Schützenfahr à l'embouchure de la Gürbe, sur un tronçon de 10 km où l'Aar ramifiée et instable causait les mêmes soucis aux riverains qu'à l'embouchure de la Zug, les interventions devaient être plus importantes. En 1781 déjà, la Direction de l'Aar avait décidé d'y construire un canal de 1,1 km, dont elle confia ensuite l'entretien aux communes riveraines. Mais il était beaucoup trop court pour déployer des effets durables. L'Aar déborda en aval du canal en 1796, ce qui occasionna la construction d'un «ouvrage de défense» long de 0,8 km.

A leur arrivée respective en 1810 et en 1811, les experts Escher et Tulla trouvèrent l'Aar dans cet état, qui fut à l'origine de leurs recommandations. Tulla donna la priorité à une correction de l'Aar du Schützenfahr aux portes de Berne, par rapport aux projets à l'intérieur et à l'aval de Thoune. C'est pourquoi il fournit également un projet pour ce tronçon, qui prévoyait de

canaliser la rivière sur une largeur normale de 47 m et tenait compte des aménagements déjà réalisés. Sur décision du gouvernement bernois, le projet de Tulla fut en quelque sorte élevé au rang de plan directeur pour toutes les interventions ultérieures. Les travaux complémentaires débutèrent vers 1824 et livrèrent un cours canalisé en continu à partir des années 1830. Les finitions durèrent jusqu'en 1859, année où ce tronçon fut placé sous la responsabilité des corporations chargées de l'entretien des ouvrages de protection (OBI 1916b).

Pour réaliser les nouveaux tronçons canalisés, on construisit de hauts épis en pierres. Disposés perpendiculairement à la berge ou légèrement tournés vers l'amont, ils dirigeaient le courant vers le fond en tête d'ouvrage, où il creusait le chenal désiré. Selon le jargon des «Schwellenmeister», les têtes d'épis étaient des «points qui attiraient le courant», si bien que leur base était affouillée. Mais comme leur construction relativement rigide ne leur permettait pas de s'adapter à la configuration du sous-sol, ils étaient rapidement détériorés. Aurait-il fallu ériger les épis en recourant à la technique des fascines? Selon l'Inspection fédérale des travaux publics (OBI 1916b), cela n'aurait pas été pertinent, car les constructions en bois sont trop rapidement rongées par le charriage de l'Aar: «Même le balai le plus résistant ... est usé par le frottement ... au bout de quelques années», comme le disaient clairement les spécialistes.

Fig. 132 L'Aar à Kleinhöchstetten (entre Münsingen et Muri). Des ouvrages transversaux et longitudinaux fixent le lit de la rivière en 1830. Sens de l'écoulement: de gauche à droite.



Une crue exceptionnelle ayant malgré tout débordé en 1876, et causé de graves dommages au nord de Belp, le gouvernement bernois demanda aux experts Fraisse et Pestalozzi d'analyser les causes de ce phénomène au plan de l'aménagement de l'Aar. Suite à leur inspection, ils recommandèrent notamment, dans leur rapport de 1877, de stabiliser les berges en recourant non plus à des épis, mais à des seuils de protection, c'est-à-dire à des ouvrages longitudinaux. Les travaux ultérieurs furent essentiellement réalisés sur le tronçon de 4 km qui sépare l'embouchure de la Gürbe du Schwel-lenmätteli à Berne, et en aval de celui-ci. Il fallut bien sûr intégrer la Gürbe dans le concept de protection contre les crues. Son embouchure fut consolidée dans les années 1830 et son cours inférieur, long de 5 km, corrigé dans les années 1855 à 1860 (OBI 1914). Pendant la correction de l'Aar, les compétences furent transférées des riverains et des communes au canton de Berne, comme prescrit par la loi cantonale sur les constructions hydrauliques de 1857. Enfin, l'Inspection fédérale des travaux publics prit également part à la correction de l'Aar en vertu de la loi fédérale sur la police des eaux de 1877 (HUGLI 2002).

11.4 La correction de la Reuss uranaise à partir de 1850

De Göschenen à Amsteg, la Reuss uranaise coule au fond d'une vallée étroite, comprenant plusieurs tronçons de gorges. A Amsteg, elle débouche dans une plaine qui s'étend sur plus de 15 km jusqu'au lac des Quatre-Cantons et s'évase pour atteindre une largeur de 2 km. Formée par la Reuss et ses affluents depuis la dernière glaciation, cette plaine alluviale typique est soumise par essence aux inondations et aux épan-dages d'alluvions.

Jusqu'au début du 19^e siècle, la Reuss serpentait presque sans entrave dans cette plaine. Seuls les cônes de déjection des torrents latéraux la repoussaient ici et là contre le versant opposé. Le plus grand était celui du Schächen, entre Schattdorf et Altdorf. Les moyens dont disposaient les riverains leur permettaient tout au plus de lutter ponctuellement, sur leurs terres, contre les débordements de la Reuss et des torrents. Ils se défendirent contre les inondations en construisant – comme partout ailleurs – toutes sortes d'ouvrages de protection des berges. Mais ils étaient remarquablement bien organisés. Ils constituèrent précocement des sortes de corporations des endiguements (Steuern), qui furent placées sous la direction d'un bailli (Wuhrvogt). Et une instance composée de sept personnes, le Tribunal des sept (Siebnergericht), dont les premiers

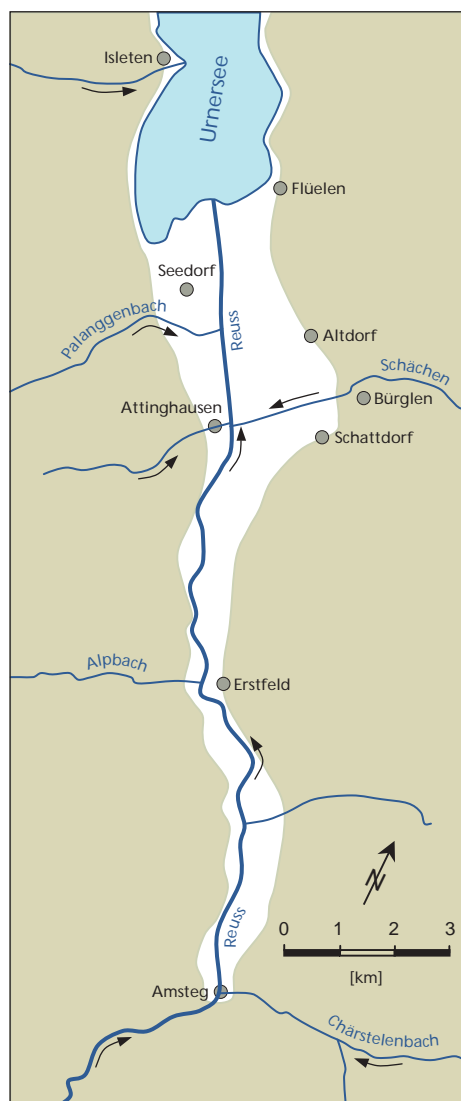


Fig. 133 Le cours actuel de la Reuss uranaise, d'Amsteg au lac des Quatre-Cantons.

procès-verbaux datent de 1594 déjà, jugeait de la nécessité et de l'urgence des mesures à prendre sur la Reuss et le Schächen (CULMANN 1864).

A l'issue d'un demi-siècle épargné par les hautes eaux, la crue de 1828 marqua une inversion de la tendance. En 1828, 1831, 1834, 1839 et 1840, la Reuss détruisit des ouvrages de protection et sortit de son lit à plusieurs endroits, laissant derrière elle des surfaces marécageuses ou recouvertes d'alluvions. Les corporations des endiguements et le Tribunal des sept n'étaient plus de taille pour lutter contre les assauts de ces phénomènes naturels, si bien qu'il fallut chercher d'autres solutions. La Société suisse d'utilité publique, qui avait organisé dès 1834 une collecte en faveur des victimes des intempéries en pays uranais, donna une impulsion dans ce sens. Elle décida d'utiliser l'argent récolté pour

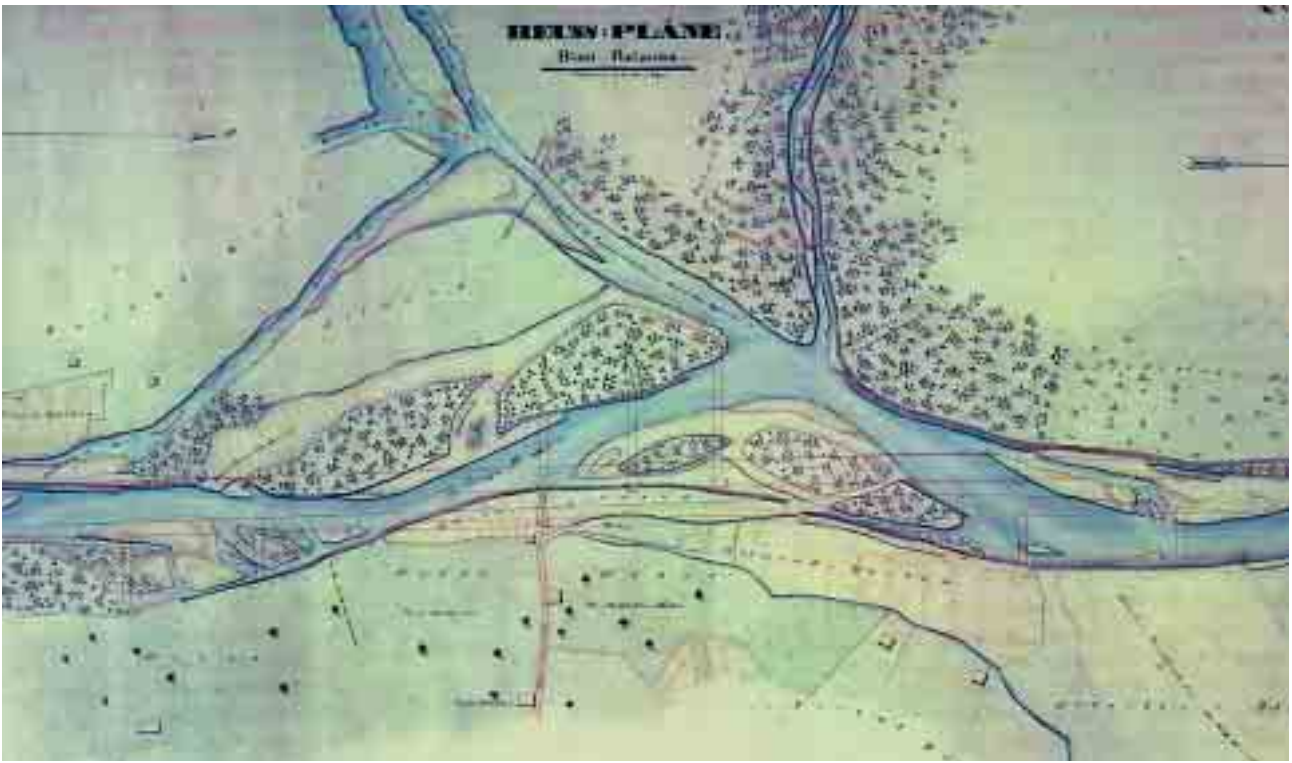


Fig. 134 La Reuss à l'embouchure du Palanggenbach. Plan de K. M. Hegner, 1840–1842.

corriger la Reuss sous la direction de spécialistes. On commença par dresser un plan de situation de la rivière d'Amsteg au lac des Quatre-Cantons au début des années 1840. Puis les spécialistes engagés, Richard La Nicca (1794-1883) de Coire et Karl Emanuel Müller (1804-1869) d'Altdorf, élaborèrent chacun un projet, en 1843 et en 1844 (STADLER 1984, VISCHER 2001b).

Dans le projet de La Nicca, le tracé suivait le cours naturel de la Reuss entre Amsteg et le pont d'Attinghausen. Suivait un canal rectiligne jusqu'à l'embouchure du Palanggenbach, où il faisait une courbe vers la droite pour aller se jeter dans le lac environ 500 m à l'est de l'embouchure actuelle de la Reuss, au terme d'un nouveau tronçon rectiligne. Le profil trapézoïdal était compris entre deux talus et digues hauts de 4,5 m et protégés contre l'érosion par un pavage fondé sur un treillis en bois. Le projet de Müller était semblable en de nombreux points. Mais il prévoyait que le tronçon canalisé relie Attinghausen au lac selon une seule ligne droite de 4 km. Le profil trapézoïdal y avait des dimensions supérieures et le pied du pavage était plus robuste. En 1845, le Grand Conseil du canton d'Uri donna la préférence au projet de Müller, en accord avec le comité suisse qui gérait les fonds collectés. Donnant la priorité au tronçon séparant le pont de Seedorf du lac, le comité subordonna sa subvention à l'achèvement des travaux (STADLER 1984).

On estima d'abord qu'il fallait attendre jusqu'à ce que l'abaissement projeté du lac des Quatre-Cantons soit réalisé (section 14.3). Mais le district concerné adopta le projet en 1850, si bien qu'on put commencer les travaux. Karl Emanuel Müller prit en charge la réalisation du canal de 1,5 km entre le pont de Seedorf et le lac pour un montant forfaitaire. On relèvera avec intérêt que le profil trapézoïdal choisi, large de 25 m à la base, se rétrécissait de 1 m aux abords du lac, afin de conserver la force d'entraînement de la rivière dans le delta. Lorsqu'une crue survenue en 1851 vint approfondir le canal déjà bien avancé, saper le pied des talus à plusieurs endroits et arracher presque entièrement les digues du tronçon inférieur, on envisagea d'élargir le profil, mais sans passer à la réalisation. Une fois ces travaux achevés, en 1852, le canal séparant les ponts d'Attinghausen et de Seedorf fut réalisé entre 1854 et 1863. Le district dut exécuter ces travaux à son propre compte, en engageant des travailleurs journaliers, car les risques étaient apparemment trop élevés pour que le chantier puisse être adjugé à forfait (STADLER 1984).

Il s'avéra bientôt qu'il aurait fallu élargir le tronçon en aval du pont de Seedorf, comme envisagé autrefois. L'érosion y était si active qu'une crue provoqua l'effondrement des digues sur une longueur de 1,2 km en 1860. Il est possible que le courant excessif ait aussi été provoqué par un abaissement des niveaux de

hautes eaux du lac des Quatre-Cantons, qui devaient être gérés par un barrage de régularisation construit à Lucerne entre 1859 et 1861 (CULMANN 1864). La terrible crue de 1868 ayant à nouveau endommagé les digues et provoqué des débordements, l'élargissement fut rapidement entrepris en 1869, dans le cadre des travaux de remise en état. Karl Emanuel Müller et l'ingénieur de la Linth de l'époque, Gottlieb Heinrich Legler (1823–1897), furent associés aux travaux comme conseillers scientifiques (STADLER 1984). Comme on ne disposait ni de théorie valable sur le charriage, ni de modèle hydraulique, on était contraint de faire des essais sur site (PÜNTENER 2000). Le canal avait effectivement été un peu trop élargi. Son lit se mit à s'exhausser entre le pont d'Attinghausen et le lac. Le delta de la Reuss, qui croissait dans le lac sous un apport annuel moyen de 150'000 m³ de matériaux et prolongeait ainsi le cours de la rivière, a certainement joué un rôle dans cet état de fait. La revanche des digues se réduisit à tel point qu'elles risquaient plus d'être submergées qu'affouillées. Le canton ayant acquis la souveraineté sur les eaux en 1888, en vertu d'une modification de sa constitution, les travaux réalisés ultérieurement sur la Reuss relevèrent de sa compétence et de sa responsabilité. Se basant sur un projet de son ingénieur cantonal Johann Müller (1846–1905) de Zoug, il opéra entre 1900 et 1912 une nouvelle correction du pont de Seedorf au lac, qui comprenait une coupure dans le delta (STADLER 1984). La Confédération participa aux coûts à raison de 50 %. La correction de la Reuss d'Amsteg au pont d'Attinghausen ne fut réalisée qu'ultérieurement, tronçon par tronçon. Elle consista pratiquement à régulariser le cours existant.

Signalons finalement que le Schächen, au charriage important, subit aussi un aménagement à la fin du 19^e siècle. Quelques ouvrages longitudinaux et barrages en torrent furent érigés sur la base d'un projet de 1888–1889. Ils ne résistèrent pas à la crue extraordinaire de 1910, ce qui nécessita un nouvel assainissement (OBI 1916a, KNOBEL 1977).

11.5 La correction de la Broye à partir de 1853

La Broye s'écoule sur près de 80 km de ses sources près de Semsales, dans les Préalpes fribourgeoises, jusqu'au lac de Neuchâtel. On peut subdiviser sommairement son cours en trois parties. Le tronçon supérieur, jusqu'à Payerne, est caractérisé par des vallées en V ou à fond étroit. Le tronçon médian, de Payerne au lac de Morat, emprunte une large vallée, qui est également parcourue par la Petite-Glâne et par l'Arbogne. Quant

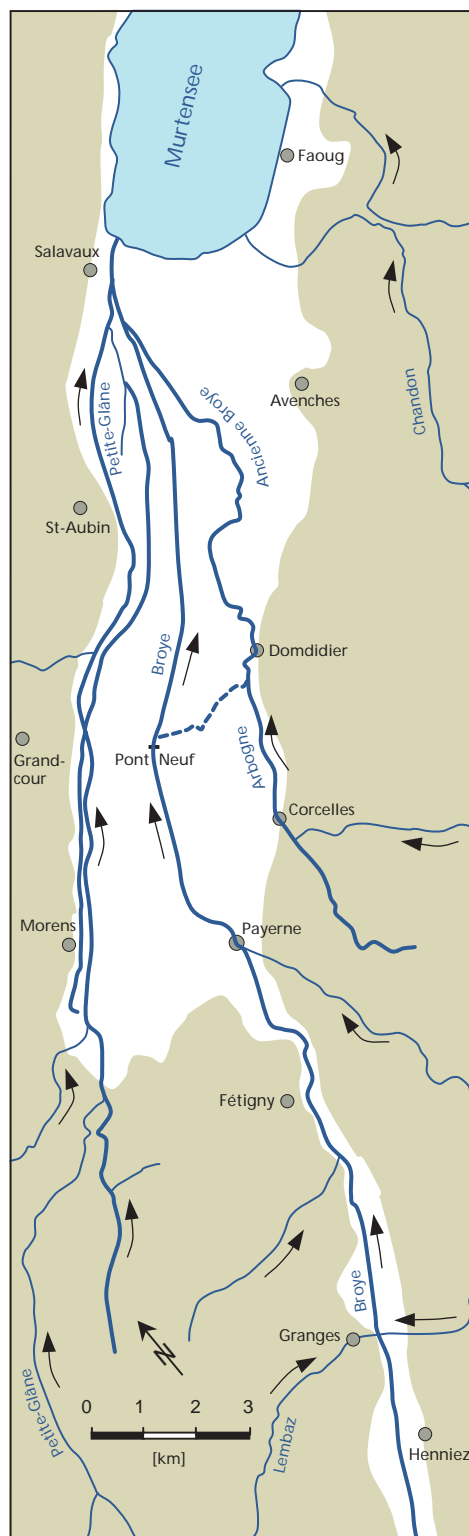


Fig. 135 Le cours actuel de la Broye, de Granges au lac de Morat.



Fig. 136 Stabilisation des berges de la Broye au moyen de fascines à noyau, selon le système de Gumpfenberg (ingénieur du Lech, en Bavière), vers 1865.

au tronçon inférieur, du lac de Morat au lac de Neuchâtel, il forme la limite du Grand Marais, dans le Seeland proprement dit.

Des mesures de protection contre les crues ont dû être prises sur les trois tronçons. Mais les inondations qui ont affecté la partie supérieure n'ont atteint qu'une fraction des terres touchées dans les tronçons médian et inférieur. C'est pourquoi l'accent porte ici sur la section médiane. Le tronçon inférieur fut assaini dans le cadre de la correction des eaux du Jura de 1868 à 1891, qui fait l'objet du chapitre 10.

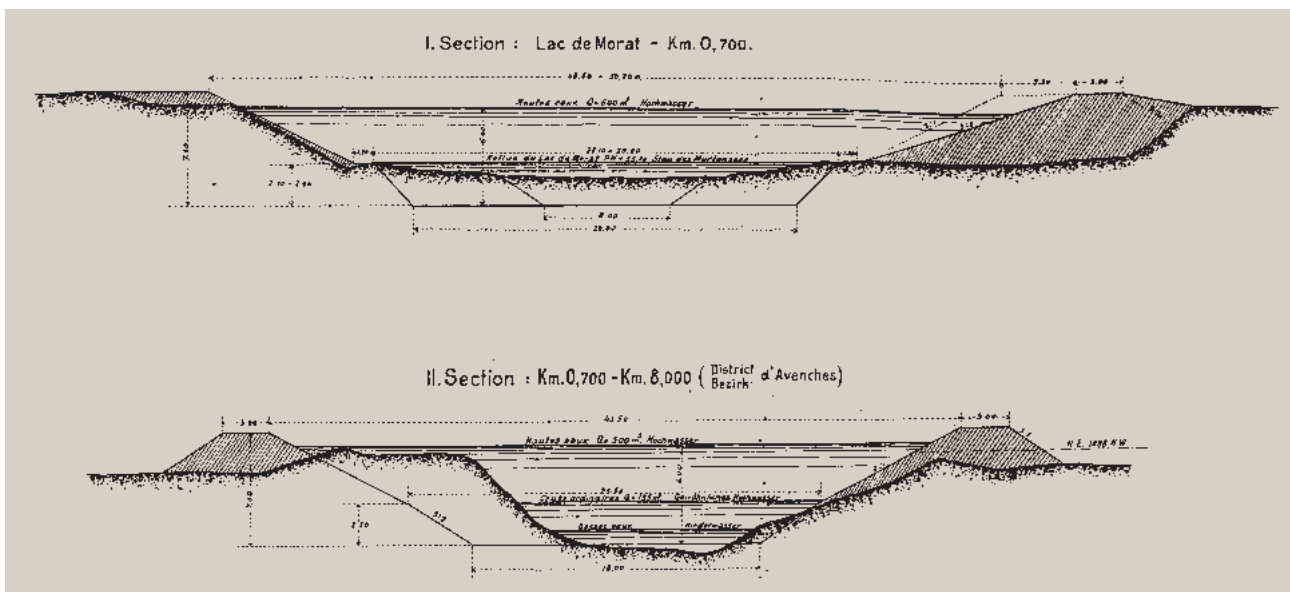
La plaine de la Broye, cette vaste vallée où coule le tronçon médian de la rivière, a une longueur de 13 km pour une largeur de 4 km. Les conditions suivantes y régnaient à l'époque: «Suite à un alluvionnement pluri-séculaire, il y a longtemps que la Broye ne s'écoulait plus le long du thalweg de la plaine, mais qu'elle divaguait d'un bord à l'autre en nombreux méandres à faible pente, si bien que les matériaux charriés se déposaient en quantités toujours plus grandes, que son lit ne cessait de s'exhausser et que les inondations étaient

de plus en plus fréquentes» (OBI 1916). La commune de Corcelles, située en aval de Payerne, entreprit de rectifier la Broye sur son territoire au 18^e siècle déjà. Puis les cantons de Fribourg et de Vaud, étroitement imbriqués dans la plaine, essayèrent de trouver une solution globale au 19^e siècle (GONIN 1890).

En 1828, on pensa d'abord réaliser une correction de la Broye entre Granges et Payerne, où elle pénètre dans la plaine. Puis Ignace Venetz (1788–1859) étudia une correction globale à partir de 1843. Après avoir abandonné sa fonction d'ingénieur cantonal du Valais (chapitre 9) en 1837, il travailla pour le canton de Vaud jusque vers 1854. En 1849, il soumit un projet qui prévoyait les travaux suivants:

- corriger intégralement la Broye et la Petite-Glâne;
- construire un vaste réseau de canaux d'irrigation pour pouvoir combler les marécages et d'autres basses terres par colmatage, et aménager des canaux de drainage pour abaisser le niveau de la nappe phréatique.

Fig. 137 Profils normaux appliqués sur la correction de la Broye à partir de 1891.



Or le second point coûtait plus cher que le premier, ce qui contribua certainement au fait que la réalisation du projet se fit attendre (VENETZ 1851; BVIA 1882). En raison, entre autres, de cette objection, le voyer de Moudon conçut un nouveau projet pour les 11,5 km séparant le Pont-Neuf, sur la route Corcelles-Grandcour, et le lac de Morat. Il proposa de raccourcir le cours de la Broye de 18 % et de démolir le moulin situé sur l'embouchure de la rivière, à Salavaux. Venetz avait encore estimé que les remous d'exhaussement provoqués par les barrages des moulins étaient nécessaires pour alimenter les canaux de colmatage qu'il avait prévus à partir de la Broye. Désormais, ces remous indésirables en période de crue devaient disparaître et il fallait renoncer au colmatage – qui aurait d'ailleurs eu ici un effet moindre que sur les rivières alpines.

Après que le projet eut subi quelques adaptations, les travaux débutèrent en 1853, en deux lots allant de Payerne au Pont-Neuf et de là au lac de Morat. Le profil normal était un profil trapézoïdal simple, d'une largeur de 12 m à la base et d'une hauteur de 4,5 m.

Mais on ne put achever toutes les berges par manque de matériaux de remblayage. Lorsqu'une crue survint en 1856, on achemina prématurément la Broye dans son nouveau lit, ce qui lui valut quelques dégâts. D'autres dommages apparurent en 1860, peu après l'achèvement des travaux. On constata quelques chutes naturelles dans le lit du canal, suivies d'un approfondissement généralisé de quelque 3 m dans la région du Pont-Neuf. Ce phénomène fut attribué en partie à une érosion régressive différenciée, qui entamait plus rapidement les matériaux sableux que les quelques barres limoneuses, et en partie à des prélèvements de matériaux en vue de rehausser les berges. Lors d'autres crues, on constata également des inondations 1,5 km en amont de Payerne, à l'entrée de la plaine de la Broye.

Une série d'études visant à améliorer les bases topographiques et hydrologiques furent réalisées entre 1860 et 1864. Sur la Broye, on leva un plan de situation au 1:1000, un profil en long précis et 600 profils transversaux. Des échelles limnimétriques furent installées et des jaugeages opérés, notamment pour être en mesure de déterminer la crue de projet avec une meilleure fiabilité. En 1865, ces données de base furent intégrées dans un projet qui prévoyait d'élargir et d'approfondir le lit de la Broye sur les 16 km séparant Granges, en amont de Payerne, du lac de Morat. Mais il ne fut mis en œuvre que sous la forme de quelques corrections localisées (OBI 1916).

En 1876, une inondation généralisée de la vallée et de la plaine de la Broye démontra que les mesures prises jusqu'alors étaient insuffisantes. Dès la fin des années 1870, il fallut également prendre en compte le fait que

l'abaissement du niveau du lac de Morat dans le cadre de la correction des eaux du Jura commençait à se faire ressentir toujours davantage. C'est pourquoi des ingénieurs vaudois élaborèrent en 1878 un nouveau projet de correction d'Henniez au lac de Morat, sur 24 km. Simultanément, les gouvernements cantonaux de Fribourg et de Vaud mandatèrent trois experts: Adolf von Salis (1818–1891), inspecteur fédéral des travaux publics, Emile Oscar Ganguillet (1818–1894), ingénieur cantonal bernois, et Karl Franz von Graffenried (1838–1919), directeur de la correction bernoise des eaux du Jura. Ils confirmèrent la pertinence des nouveaux projets pour l'essentiel.

Leur rapport d'expertise de 1880 comprend notamment une compilation des débordements de la Broye (BVIA 1882):

de 1839 à 1848	16 fois
de 1849 à 1858	11 fois
de 1859 à 1868	13 fois
de 1869 à 1878	20 fois

La situation régnant autour de 1880 ressort assez clairement de ces chiffres: malgré les corrections réalisées jusqu'en 1878, on n'est pas parvenu à maîtriser les crues, dont la fréquence tendait même à augmenter. Il fallait accroître les efforts, et surtout que l'abaissement du niveau du lac de Morat prévu dans la correction des eaux du Jura se concrétise.

Mais à part l'assainissement de quelques ruptures de berges, rien ne fut entrepris jusqu'à ce qu'une crue catastrophique inonde la région pendant plusieurs jours en 1888. Un projet global, concernant les 39 km qui séparent En Brivaux, en amont de Moudon, et le lac de Morat fut élaboré en 1889. Il prévoyait d'élargir le lit de la Broye de 12 m à 16 ou 18 m dans la plaine de la Broye, et même de le porter à 24 m en aval de l'embouchure de la Petite-Glâne et de l'Arbogne. Cela exigeait bien entendu de reconstruire les ponts. Mais les communes du bas de la plaine de la Broye firent opposition, si bien que seul le projet partiel d'En Brivaux au Pont-Neuf fut mis en œuvre dans un premier temps, en 1890.

Les travaux, pris en charge par la Confédération à hauteur de 40 %, commencèrent en 1891. Une crue catastrophique démontra en 1895 que les nouvelles largeurs du lit étaient judicieuses, mais que les berges étaient trop basses et leur revêtement de pierres insuffisant. Les travaux furent achevés en 1908, une fois les adaptations nécessaires réalisées.

Comme l'humeur commençait à tourner dans les communes du bas de la plaine de la Broye, le canton de Vaud soumit à la Confédération en 1896 le projet partiel visant à poursuivre la correction du Pont-Neuf au

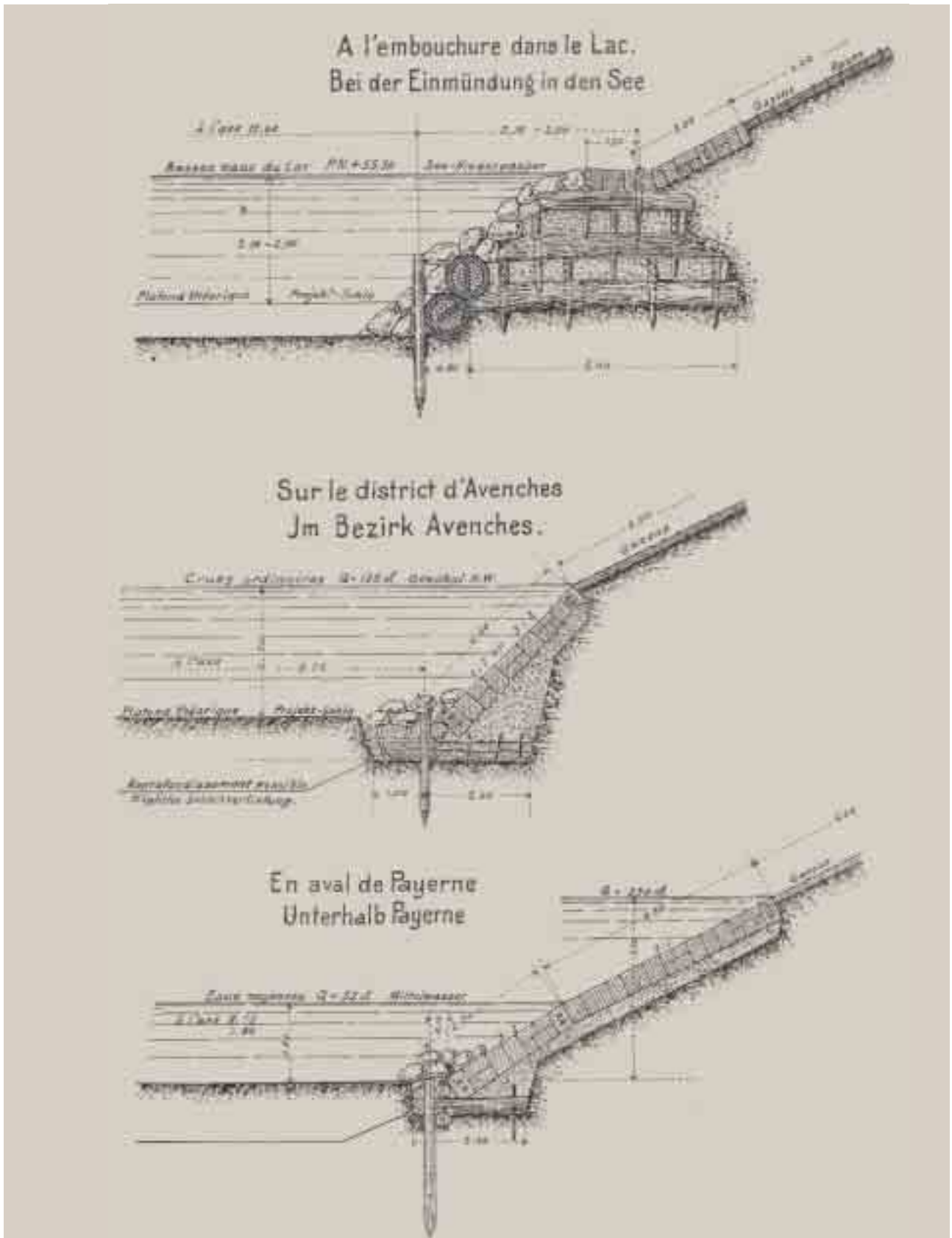


Fig. 138 Stabilisation des berges de la Broye à partir de 1891.

lac de Morat. Mais on se contenta, jusqu'en 1908, de renforcer les ouvrages de stabilisation des berges de la Broye, dont le lit s'approfondissait. La crue centennale de 1910 nécessita quelques nouvelles adaptations urgentes dans la région d'Avenches à St-Aubin (OBI 1916a).

11.6 La correction de l'Emme à partir de 1886

La gestion des ouvrages de défense contre les eaux a été esquissée, puis précisée à l'exemple de l'Emmental bernois à la section 5.9. A l'origine, le Schachen de l'Emme – zone riveraine plate et menacée d'inondation – appartenait en grande partie à l'Etat, qui se mit à l'affermier à ses habitants et à ses exploitants dès le 15^e siècle. Ce processus, qui concernait d'abord quelques particuliers, déboucha au 16^e siècle sur l'obligation d'entretenir les ouvrages au titre de servitude. Puis, selon THOMI (2000), l'Etat céda des secteurs toujours plus vastes du Schachen aux communes attenantes, qui étaient tenues en contrepartie d'entretenir les ouvrages de défense. Achevée en 1729, cette cession fut à l'origine des corporations du Schachen ainsi que des endiguements. Le Schachen était régi par des règlements d'utilisation du sol centrés sur la protection contre les crues. Ils avaient ceci de commun qu'ils exigeaient la présence d'une bande boisée continue le long de l'Emme. Mais ils ne comprenaient pratiquement aucune prescription technique quant à l'aménagement des ouvrages de protection.

En agissant ainsi, l'Etat pensait favoriser le peuplement et la sécurité du Schachen, et se décharger de sa responsabilité au sujet des ouvrages de défense. Mais la crue dévastatrice de 1764 requit de nouveau l'intervention des autorités. Aussi édictèrent-elles des règlements relatifs aux ouvrages de défense dans chaque baillage. Ainsi, elles professionnalisèrent en quelque sorte la protection des berges. Il en résulta indéniablement des améliorations. Tous les intéressés, y compris les baillis, devaient agir de manière coordonnée. Mais la charge pour les communes s'accrut, ce qui donna lieu à des querelles interminables. On se mit donc à chercher des méthodes permettant de remplacer ce mode d'organisation. Les techniques modernes d'aménagement des cours d'eau, apparues en Europe à la fin du 18^e siècle, et la correction de la Linth de 1807 à 1816 servirent de modèles à cet effet.

Les choses commencèrent à évoluer suite à la recrudescence des crues de l'Emme et surtout à l'événement record de 1837, si magistralement dépeint par Jeremias Gotthelf (1797–1854) dans son œuvre «Die



Fig. 139 Le cours actuel de l'Emme, de Kemmeriboden à l'Aar.



Fig. 140 L'Emme à Utzenstorf avant sa correction. Vue du château de Landshut vers l'amont.

Wassernot im Emmental». La loi bernoise sur la police des eaux de 1857 instaura notamment les bases légales nécessaires. Comme dans d'autres cantons, elle plaçait toutes les eaux publiques, et aussi privées si nécessaire, sous la surveillance de l'Etat. Si les riverains étaient toujours obligés de participer à la protection des berges, la direction technique incombait désormais au canton.

Dans ce contexte, un fait survenu la même année, relaté par GRAF (1898), semble relever de l'atavisme (un ancien stade de la société): «En 1857, Kirchberg a été le siège d'une petite révolution. Toute l'eau avait été retirée de l'Emme par la construction d'un barrage pour un établissement (industriel) du préfet Hubler. Les villageois de Kirchberg durent chercher à grande distance l'eau nécessaire au bétail, et cette situation peu satisfaisante s'aggrava à un tel point, car les réclamations de Kirchberg étaient restées sans suite, que plusieurs centaines d'habitants de Kirchberg, avec à leur tête les conseillers municipaux Elsässer et Cuenin, montèrent un jour à Berthoud et démolirent le barrage qui interdisait le passage de l'eau, si bien qu'elle put reprendre son cours naturel. Le préfet fit sonner l'alarme et donner lecture des dispositions relatives aux émeutes, mais les habitants de Kirchberg avaient atteint leur objectif. Les deux meneurs durent «payer». Ils furent bannis du district, mais le Grand Conseil les gracia un peu plus tard.» Hubler avait apparemment détourné toute l'Emme dans les canaux de Berthoud, qui la restituaient loin en aval de Kirchberg et sur la rive opposée au village.

De nouvelles crues de l'Emme, en 1858 et 1860, et surtout l'événement catastrophique de 1868, qui ravagea aussi de nombreux autres bassins versants, déclenchèrent enfin des travaux de planification. On disposait bien depuis 1810 de projets partiels visant à corriger certains tronçons. Mais l'Emme fut désormais considérée dans son ensemble, de sa source jusqu'à la frontière soleuroise, en aval d'Utzenstorf. De là à l'embouchure dans l'Aar, le canton de Soleure était déjà au travail depuis 1871 (DIETLER 1868, GRAF 1898).

Mais les moyens financiers manquaient pour commencer immédiatement les travaux. L'Emme parcourt presque 60 km sur territoire bernois et le canton était déjà engagé dans plusieurs autres grandes corrections. C'est pourquoi il attendit l'entrée en vigueur de la loi fédérale sur la police des eaux dans les régions élevées, en 1877, pour bénéficier du soutien de la Confédération. Il subdivisa le cours de l'Emme en quatre tronçons, d'aval en amont, afin de pouvoir procéder par étapes pour élaborer le projet, présenter les demandes à la Confédération et réaliser les travaux. Le premier tronçon allait de Berthoud à la frontière soleuroise, le deuxième d'Emmenmatt à Berthoud, le troisième d'Eggiwil à Emmenmatt et le quatrième de Kemmeriboden à Eggiwil. La direction des travaux de préparation et d'exécution fut assumée jusqu'en 1894 par l'ingénieur cantonal bernois Emile Oscar Ganguillet (1818–1894).

A partir de 1886, on s'attaqua au 1^{er} et au 2^e, puis au 3^e tronçon jusqu'au Rebloch, à l'amont d'Eggiwil. Les

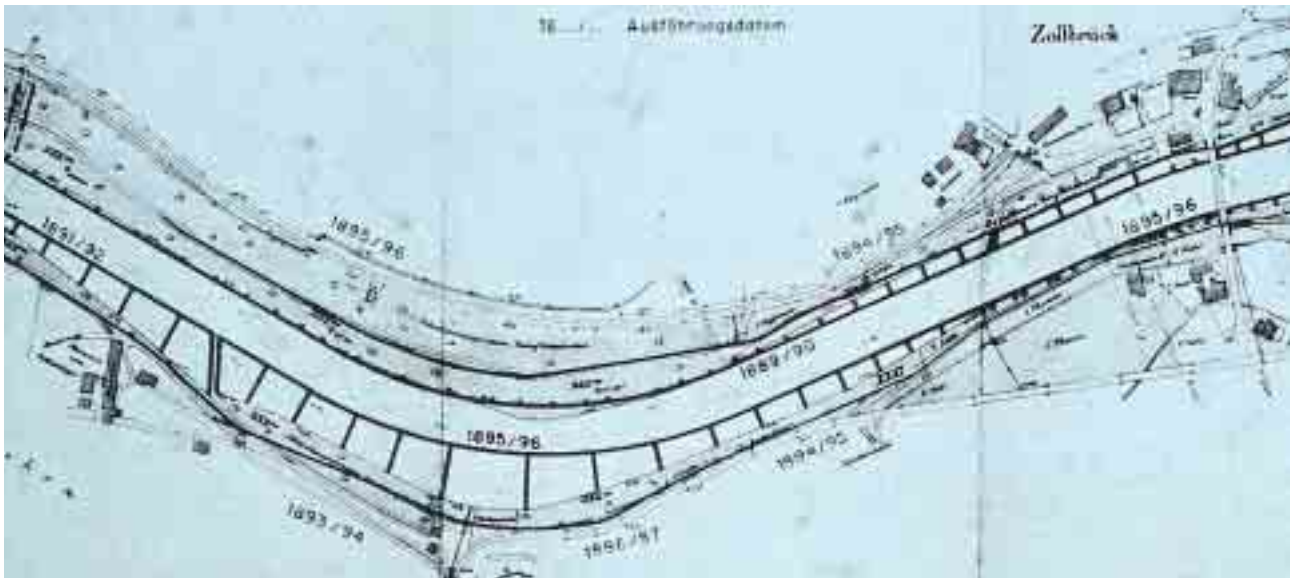
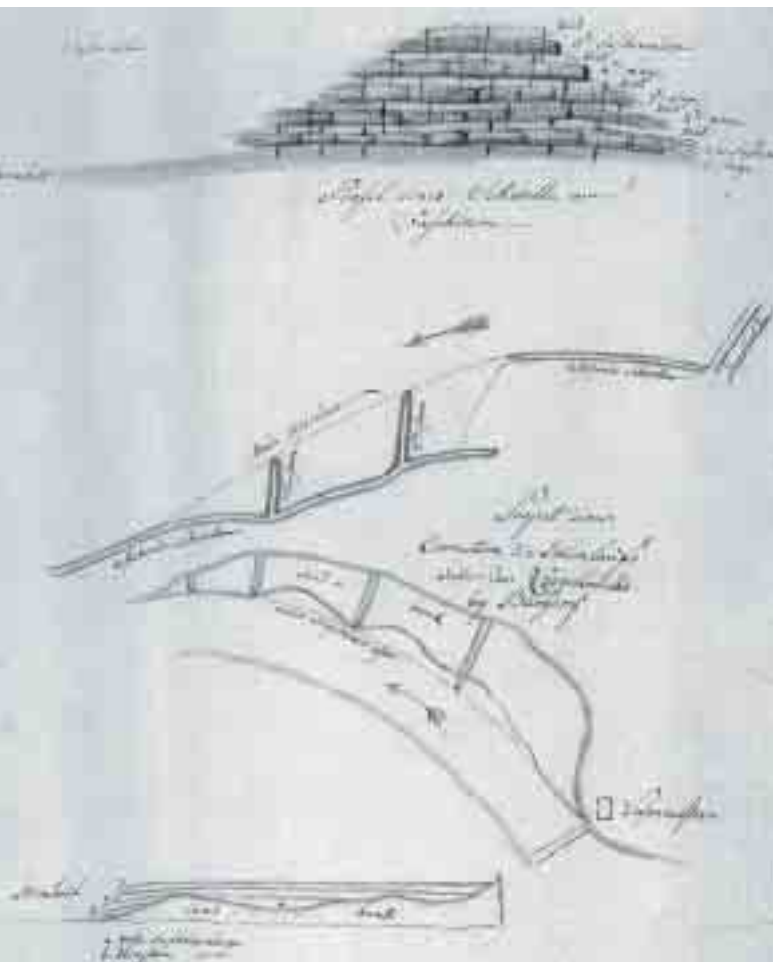


Fig. 141 Correction de l'Emme de 1886 à 1892 à Zollbrück. Sens de l'écoulement: de droite à gauche.

Fig. 142 «Projet d'une correction du cours de l'Emme en aval de la Ziegelbrücke à Berthoud», de «H. C. Escher à Zurich, Directeur des travaux de la Linth, juillet 1810».



travaux furent achevés au début du 20^e siècle. Le 4^e tronçon, dans la zone des sources, ne fut abordé qu'en 1906. Le nouveau tracé suivait l'ancien cours dans la mesure du possible. Le lit de la rivière fut fixé en appliquant des techniques classiques faisant appel à des épis et à des ouvrages longitudinaux. Ces derniers se présentaient sous la forme de caissons en bois à simple paroi, caractéristiques de la construction en bois emmentaloise. En général, le chenal central ne fut pas excavé, mais soumis à l'action érosive de l'eau. Le lit majeur resta ou fut entièrement boisé jusqu'aux digues de protection contre les crues. Sur les deux premiers tronçons, ces digues atteignaient une hauteur de 1,5 à 3 m (WALTHERT 1977). Il fallut encore procéder à d'importantes consolidations par la suite.

L'évolution ultérieure de l'Emme fut caractérisée par le phénomène suivant: Ganguillet avait déterminé la largeur du lit de façon à ce que la rivière puisse déblayer puis approfondir elle-même son chenal central. Elle évacua donc plus de matériaux qu'elle n'en reçut de l'amont par charriage. L'aménagement des torrents latéraux réduisit encore cet apport. Aussi l'Emme continua-t-elle d'éroder le fond de son lit après la correction. Cela déboucha en 1939 sur l'interdiction d'extraire des «boulets» (gravier grossier) du lit de l'Emme (HUBER 1941), puis plus tard sur la construction d'ouvrages de chute et enfin, à partir des années 1990, sur l'aménagement d'élargissements artificiels piriformes.

11.7 La correction du Tessin à partir de 1888

Le Tessin est certainement la rivière torrentielle la plus sauvage de Suisse après la Maggia, comme en témoignent ses crues, nombreuses et très violentes par rapport à la taille du bassin versant. Sur le tronçon en amont de l'embouchure du Brenno, il n'y avait naguère que quelques ouvrages ponctuels, sous la forme de seuils de protection. La section de Biasca au lac Majeur fit l'objet d'une plus grande attention. La rivière y avait comblé un fond de vallée de largeur variable, dont il parcourait une partie en formant plusieurs bras ou occupait parfois la totalité lorsqu'il était en crue. Puis l'homme lui disputa ce territoire – car les terrains plats sont rares en Suisse méridionale – en essayant d'y implanter des localités et des cultures. L'antagonisme était le plus patent lorsque des crues harcelaient les « colons » en provoquant des débordements, des épandages d'alluvions et des modifications du cours de la rivière.

L'histoire se souvient d'une onde de submersion, nommée «Buzza di Biasca», qui dépassa de loin toutes les autres catastrophes. Elle fut provoquée par un gros éboulement qui obstrua le val Blenio en amont de Biasca en 1512. Derrière lui, les eaux du Brenno

formèrent un lac, dont le clocher de Malvaglia émergeait tout juste. En 1515, les eaux rompirent le barrage et engendrèrent une onde de submersion qui fit des ravages jusqu'au lac Majeur. Elle détruisit les ouvrages de protection disséminés et le pont construit à Bellinzona en 1487. Mais surtout, les matériaux qu'elle avait arrachés et redéposés rendirent le fond de la vallée inutilisable pour longtemps sur de vastes surfaces (LICHTENHAHN 1987, GROSSI 1986). D'autres inondations extrêmes, celles-là dues aux intempéries, suivirent déjà durant la seconde moitié du 16^e siècle, avant que ne s'installe une longue période peu affectée par les crues. Mais cette relative tranquillité prit fin au milieu du 18^e siècle et 1829 marqua même le début d'une recrudescence de crues extrêmes.

C'est au plus tard à cette époque que l'on se mit à élaborer des plans de correction. Il s'agissait de protéger les installations existantes et de sécuriser les liaisons routières et ferroviaires que l'on comptait justement développer. Signalons par exemple une idée née à Magadino, qui était devenu la principale place de transbordement à l'extrémité supérieure du lac Majeur au début du 19^e siècle. A partir de 1853, quelques habitants du cru nourrirent l'idée de construire un chemin de fer mû par des chevaux jusqu'à Bellinzona. Mais d'autres contemporains, et notamment Pasquale Lucchini (1798–1892) de Montagnola, nommé ingé-

Fig. 143 L'onde de submersion «Buzza di Biasca» de 1515, d'après J. Stumpf. Il utilisa le même genre de vision d'horreur pour décrire entre autres la crue du Rhône de 1469 (chapitre 9).



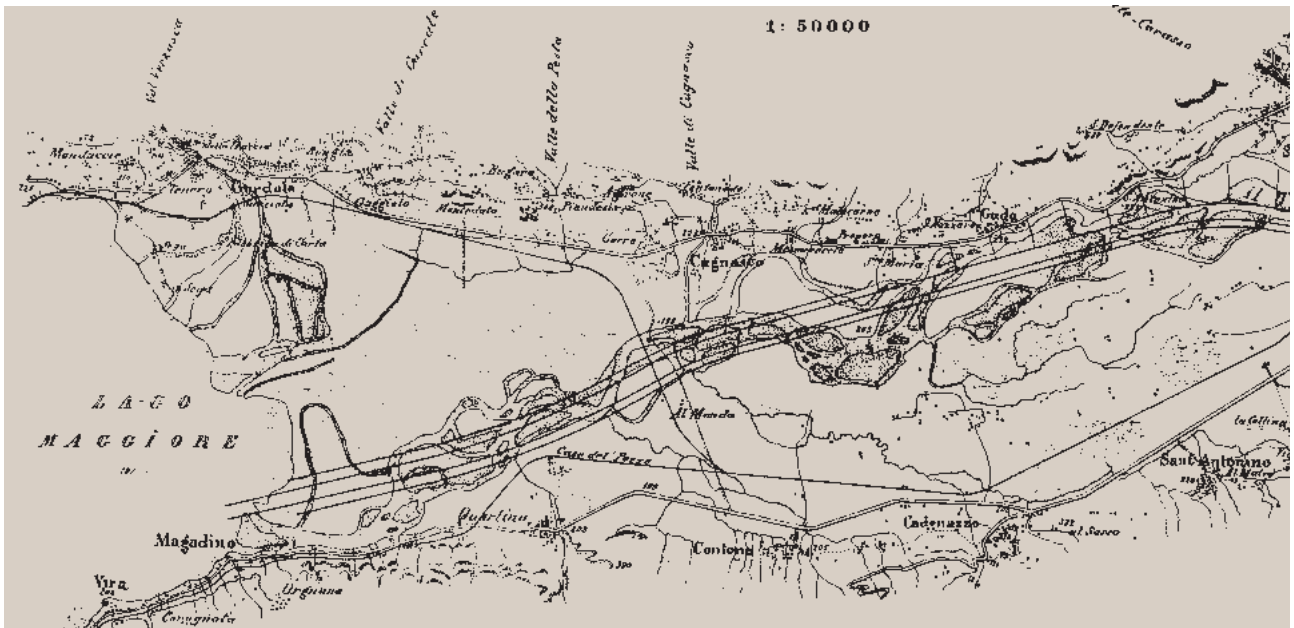


Fig. 144 Extrait du plan de la «Correction du Tessin de Bellinzona au lac Majeur», de 1883.

nier cantonal en 1845, concurrent aussi de nombreux projets de voies de communication. Lucchini élabora également la loi cantonale de 1848 sur les torrents, qui jeta les bases légales pour l'aménagement des cours d'eau tessinois.

Il semble que Lucchini ait déjà réalisé certaines études visant à corriger le Tessin et la Maggia, et que la plaine de Magadino ait fait l'objet de mensurations topographiques à la même époque. L'ingénieur de district Carlo Frascina (1825–1900) de Bosco Luganese, qui avait suivi l'affaire après la retraite de Lucchini en 1854, soumit des premiers projets de correction pour le tronçon du Tessin séparant Bellinzona du lac Majeur en 1864 et en 1866 (FRASCINA 1866). Ses propositions furent examinées par les experts fédéraux Friedrich Wilhelm Hartmann (1809–1874) de Rorschach et Gustave Bridel (1827–1884) de Bienne. Elles devinrent d'autant plus actuelles lorsque des crues extraordinairement violentes dévastèrent tout le bassin versant en

septembre et octobre 1868. Elles acquirent une importance encore accrue au vu des exigences sécuritaires inhérentes aux voies ferrées qui traversaient désormais la région. Le tronçon Bellinzona-Locarno fut ouvert en 1874 et le tronçon Cadenazzo-Luino en 1882.

Le projet de correction de Frascina fut modifié au début des années 1880 par l'inspecteur fédéral des travaux publics Adolf von Salis (1818–1891), puis précisé en 1885 par l'ingénieur Giuseppe Martinoli (1846–1907) de Marolta, qui le transforma en projet de construction. Mais le devis était de nature à diviser la population tessinoise, bien que la contribution fédérale fût de 50 %. Cela se révéla lorsque le projet de crédit adopté en 1885 par le Grand Conseil fut refusé par le peuple dans une proportion de trois contre deux. Le gouvernement tessinois, qui avait offert sa démission, mais fut tout de suite réintégré dans ses fonctions, chercha et trouva une issue avec une rapidité remarquable: il confia la correction à un syndicat

Fig. 145 Profil normal et ouvrages de stabilisation des berges, pour la correction du Tessin à partir de 1888.

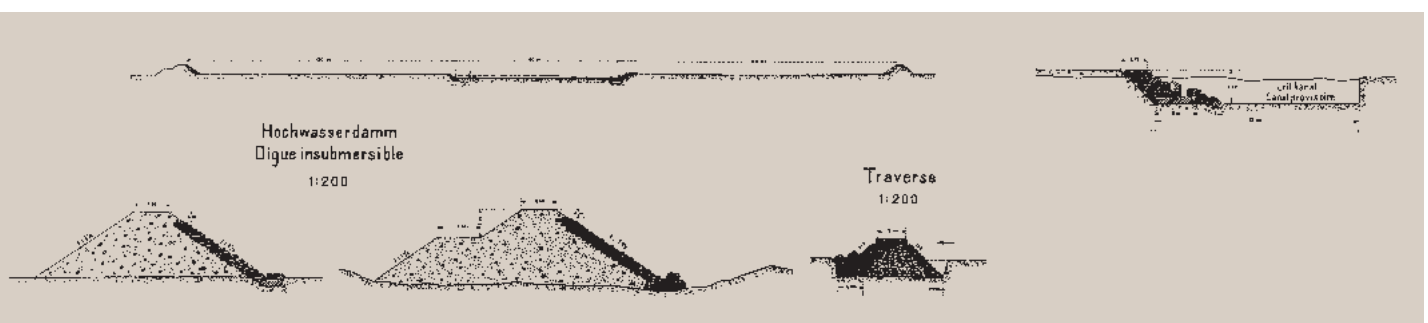




Fig. 146 Train transportant des blocs sur la Maggia en 1893. Photo de A. Monotti, vue dans le sens de l'écoulement.

des communes riveraines, le «Consortio correzione del fiume Ticino», qui entreprit les travaux sous la direction de Martinoli en 1888 (GAGGETTA 1946).

Le cours du Tessin fut partiellement rectifié et la longueur de son cours ramenée de 17 à 13,5 km. Le profil normal était un profil double avec un chenal central large de 55 m et un lit majeur de 100 m de part et d'autre. Pour confectionner le chenal central, on commença par creuser un fossé large de 15 m le long d'une des deux lignes de berge, puis on lui apposa un perré de protection suivant la position prévue du talus. Ensuite, on utilisa ce fossé comme canal-guide, qu'on laissa élargir par la rivière. A cet effet, on aménagea des ouvrages transversaux nommés traverses pour forcer le Tessin, dont les différents bras se déployaient largement dans la plaine de Magadino, à intégrer progressivement son nouveau cours. On veilla à ce que les compartiments situés entre les traverses se colmatent le mieux possible lors des crues. Les digues de protection cernant le lit majeur furent érigées ultérieurement, pendant la construction des canaux d'assainissement et l'aménagement des ruisseaux latéraux. Sur le Tessin même, il semble qu'on n'ait presque pas employé de fascines, mais plutôt de grandes quantités de blocs taillés grossièrement ou non taillés. Extraits dans des carrières ouvertes à cette occasion sur le flanc droit de la vallée, ils furent transportés sur le chantier par un chemin de fer à vapeur d'écartement 100 cm (OBI 1914). On recourut à des techniques similaires pour corriger la Maggia, dès 1891.

La première phase des travaux sur le Tessin fut achevée en 1912, mais ne procura pas encore toute la sécurité

voulue. La rivière déborda de nouveau en 1913, puis en 1914. La crue de 1913 détruisit la digue du chemin de fer à plusieurs endroits entre Cadenazzo et Riazzino, ce qui fut fatal à un train de nuit. La locomotive et les quatre premiers wagons tombèrent dans les flots, ce qui causa la mort de quatre personnes (GAGGETTA 1946). Les phases d'aménagement suivantes s'étendirent tard dans le 20^e siècle, tandis que les travaux d'améliorations foncières connexes débutèrent en 1918. Aujourd'hui, seule une étroite bande bordant le lac Majeur, les «Bolle di Magadino», rappelle le paysage fluvial sauvage qui caractérisait autrefois la plaine de Magadino.



Fig. 147 Physionomie d'un torrent, avec le bassin collecteur, le chenal collecteur, le cône de déjection et l'émissaire, selon A. Surell, 1870.

12 Aménagement des torrents

12.1 La physionomie des torrents

Du point de vue géomorphologique, un torrent se compose de quatre tronçons, que Carl Culmann (1821–1881), professeur au Polytechnicum fédéral (actuellement EPF Zurich), nommait bassin collecteur, chenal collecteur, cône de déjection et chenal d'évacuation (CULMANN 1864). De manière un peu plus détaillée:

- à l'étage supérieur, on trouve un bassin collecteur, sillonné de nombreux petits torrents et ravins (chenaux sans écoulement permanent). Lorsque l'érosion est active, elle y forme des cirques d'érosion ou des éboulis;
- ensuite, on rencontre le torrent proprement dit, qui coule au fond d'une vallée profondément entaillée nommé gorge;
- la sortie de la gorge est marquée par un cône de déjection ou cône de détritits;
- lorsque le cône de déjection ne se trouve pas à proximité immédiate de l'émissaire, le torrent comprend encore un tronçon plat d'évacuation des eaux jusqu'à l'exutoire.

12.2 Les premières mesures: sur le cône de déjection et le chenal d'évacuation

L'aménagement des torrents a généralement débuté par des mesures prises sur les cônes de déjection et les chenaux d'évacuation. Il s'agissait le plus souvent de protéger les villages et les cultures implantés sur les cônes de déjection contre les inondations et les épanchages d'alluvions provoqués par les crues et les laves torrentielles.

Pourquoi s'est-on établi sur des cônes de déjection?

Au vu de ces dangers, la question se pose de savoir pourquoi les cônes de déjection sont habités et cultivés. Pourquoi n'a-t-on pas implanté les localités sur des portions plates des vallées des émissaires, à l'écart des cônes de déjection?

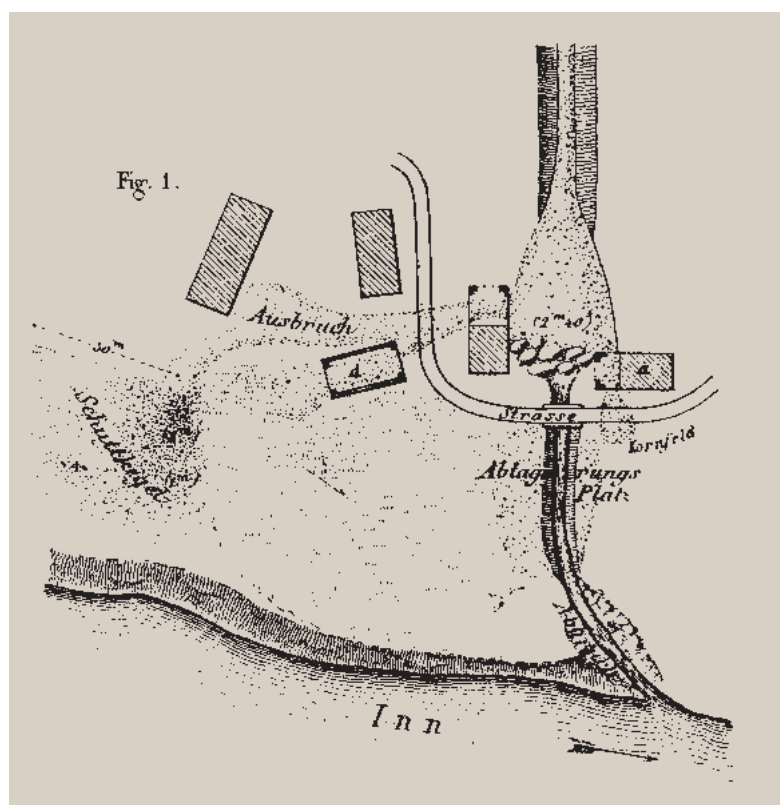
L'explication est la suivante: dans ces vallées, il est fréquent que les cônes de déjection et les secteurs plats se succèdent à intervalles rapprochés. Or un cône de déjection rehausse généralement le niveau de l'émissaire, le faisant ralentir en amont. Ce phénomène

s'accompagne souvent de débordements et de marécages. Les terrains concernés ne se prêtaient donc ni à la construction ni à l'agriculture. C'étaient des régions humides, considérées comme insalubres. En revanche, les cônes de déjection offraient un meilleur sol de fondation et des conditions plus favorables à l'agriculture, grâce aux dépôts fins fertiles. La différence était encore plus manifeste dans les grandes vallées basses autrefois largement recouvertes de marécages, telle la vallée du Rhin alpin. Les cônes de déjection latéraux y apparaissaient comme des presqu'îles salutaires – jusqu'au prochain débordement torrentiel. Ce raisonnement ne sous-entend pas que toutes les localités des vallées ont été implantées sur des cônes de déjection, car il y en avait également dans les secteurs secs des vallées basses.

Travaux de correction

Lorsqu'on traite de mesures de protection recourant à des constructions, on parle habituellement d'aménagements pour les torrents et de corrections pour les rivières et les ruisseaux. Mais les mesures mises en œuvre sur les cônes de déjection et les chenaux d'évacuation ressemblent beaucoup aux travaux de correc-

Fig. 148 Débordement typique d'un torrent sur son cône de déjection. D'après C. Culmann: «Dépôts de gravier à Martinsbruck (Martina) par une lave torrentielle», en 1860.



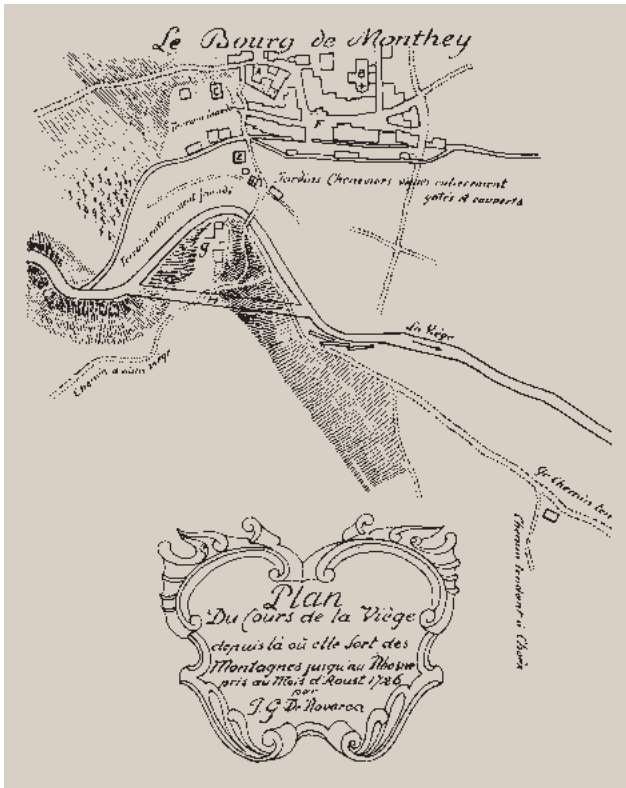


Fig. 149 Déviation de la Vièze à Monthey, à travers la colline du Château-Vieux. D'après J. G. De Roverea: «Nouveau lict (H) par lequel on travaille à faire passer la rivière à travers le Mont (g) qui est plus haut d'environ 64 pieds de roy que le lict de la ditte rivière du coté d'embas.»

tion sur les cours d'eau de faible pente. Les endiguements, fixations du cours et canalisations y sont également de mise. Naguère, on les réalisait généralement en faisant appel aux techniques usuelles dans les travaux fluviaux. Dans certains cas, le lit et les berges du canal étaient cependant recouverts d'un pavage, pour former ce qu'on appelle une cunette. A vrai dire, seules les aires artificielles de dépôt de matériaux charriés, sous la forme de bassins de rétention, sont vraiment spécifiques aux torrents.

Les cônes de déjection stabilisés sont si nombreux qu'on ne peut pas les décrire tous ici. C'est pourquoi seuls quelques exemples notoires sont relatés. Des mesures de protection contre les crues ont certainement été prises très tôt sur les cônes de déjection habités, probablement à partir de l'an 1000. Réalisée aux 12^e et 13^e siècles, la déviation de la Lûtschine a été mentionnée au chapitre 5. Mais on ne peut pas la considérer comme une canalisation volontaire, puisqu'elle a plutôt consisté à fixer une ramification existante. En revanche, la déviation de l'Aa d'Engelberg en 1471, également traitée au chapitre 5, est attestée historiquement.

Le chapitre 5 fait aussi mention d'aménagements des

berges sur le cône de déjection de la Dranse à Martigny, en 1310, et de la Saltina à Brigue, en 1330. Le premier fit appel à des caissons en bois et le second à un mur de pierres sèches. Les caissons en bois, qui se perpétuèrent durant des siècles, furent complétés ou remplacés par des murs de pierres sèches et, plus tard, par des maçonneries jointoyées sur les torrents particulièrement agressifs. C'est ainsi qu'on a trouvé, sur le cône de déjection du torrent de la Greffe à Vionnaz (en face d'Aigle), des vestiges d'un puissant mur de rive pourvu d'une pierre commémorative faisant état de l'an 1742 à côté du nom du bailli responsable (DE KALBERMATTEN 1985).

Une solution remarquable pour l'époque fut mise en œuvre entre 1726 et 1727 dans le bourg voisin de Monthey. Sis sur le cône de déjection de la Vièze, il fut affligé par un débordement catastrophique en 1726. Afin de protéger la localité, la Vièze ne fut pas confinée dans une cunette, mais détournée vers un canal creusé à cet effet dans la colline du Château-Vieux, qui bordait le cône de déjection. L'entaille avait une longueur de 250 m et une profondeur allant jusqu'à 20 m. Sa réalisation fit largement appel à la corvée. Presque toutes les communes du Bas-Valais y participèrent. Au début, l'avancement des travaux, à la pioche et à la pelle, fut modeste. Il s'accéléra lorsqu'on introduisit de l'eau pour évacuer les matériaux fins. Elle provenait d'abord de sources voisines. On la laissait s'accumuler derrière des barrages improvisés jusqu'à ce qu'elle permette de générer une onde efficace. Puis on amena de l'eau à partir du canal du moulin situé au-dessus de Monthey. Enfin, la Vièze s'écoula petit à petit dans son nouveau lit et finit de le déblayer. Les

Fig. 150 Seuils sur la Saltina à Brigue. Plan type de 1866 pour deux modes de fondations.

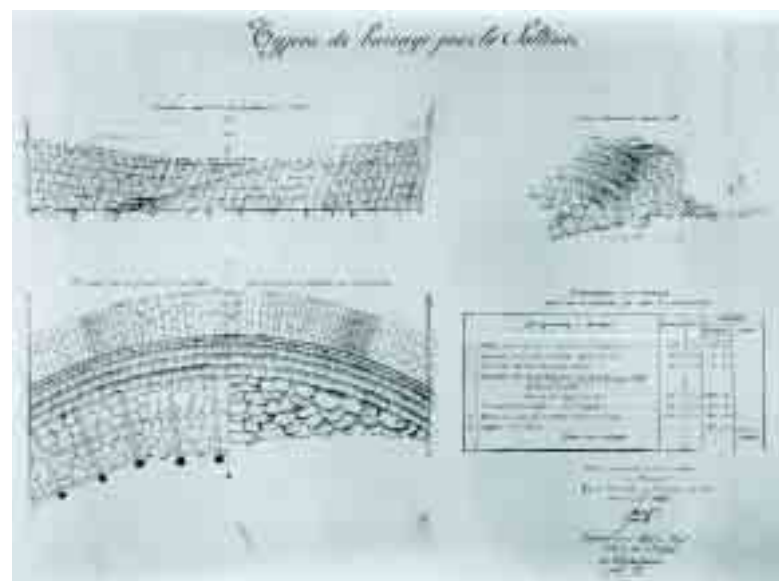




Fig. 151 Küsnacht, au bord du lac de Zurich, avant et après l'inondation provoquée en 1778 par son Dorfbach. Dessin «le plus fidèle possible à la nature» de J. J. Aschmann.

nombreux rochers rencontrés occasionnèrent de grosses difficultés. Les plus petits furent évacués au moyen de brancards et les plus gros minés à la poudre noire, puis traînés avec des cordes, en ligne double si nécessaire. Au terme de 531 jours de travail, la déviation était achevée. La Vièze déborda malgré tout en 1733, en amont de la colline du Château-Vieux. Aussi a-t-on sécurisé cet emplacement avec un robuste mur de pierres sèches semblable à celui de Vionnaz. Au cours des années suivantes, la Vièze fut également

canalisée à l'aval de la colline. Signalons encore qu'on avait déjà sérieusement tenté de transpercer la colline du Château-Vieux en 1486 (COMTESSE 1920). En 1778, le Dorfbach de Küsnacht, près de Zurich, se mit à déborder à la suite d'un orage effrayant. Un nouveau pont traversant le sommet du cône de déjection joua un rôle important dans cet événement. L'échafaudage n'ayant pas encore été démonté, le passage du torrent avait une section réduite. Cet événement soudain fit 63 victimes et détruisit 15 maisons

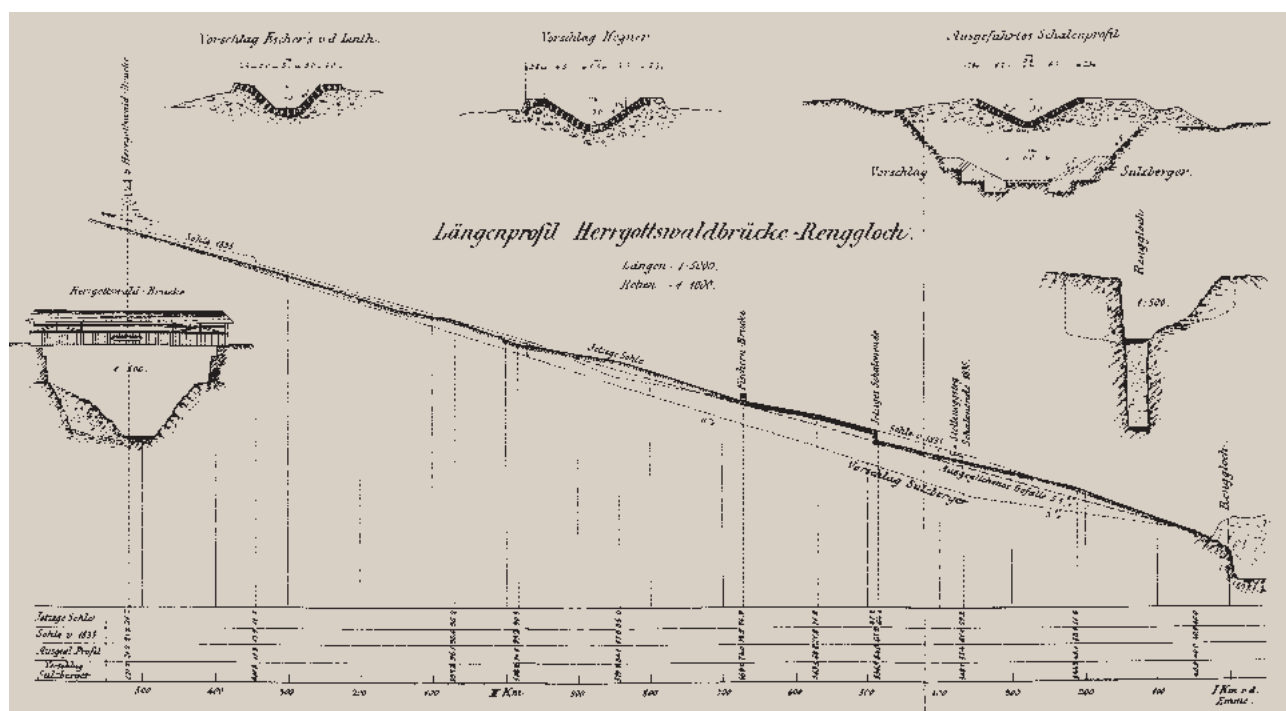
et 35 bâtiments d'exploitation sur le cône de déjection. Pour éviter qu'une telle catastrophe ne se reproduise, Johann Ulrich Grubenmann (1709–1783), constructeur d'églises et de ponts bien connu, recommanda de confiner le Dorfbach dans un canal, de la sortie de la gorge de Küssnacht jusqu'au lac de Zurich. Il devait avoir une largeur de 15 m et ses berges devaient être protégées par de grosses pierres, ou à défaut par des fascines (il doit s'agir en réalité de caissons en bois), afin «que même les flots les plus furieux ne puissent les entamer» (EGLI 1974). Ce canal fut réalisé selon un projet de l'ingénieur-capitaine Hans Conrad Römer (1724–1779). Inspecteur et entrepreneur des fortifications de la ville de Zurich, il était aussi chargé de l'aménagement des cours d'eau. Le canal, de largeur finalement égale à la moitié de ce qui était prévu initialement, fut bordé de murs. Il remplit son office pendant une centaine d'années, jusqu'en 1878, où survint une crue similaire à celle de 1778. Une passerelle en bois emportée par les flots s'empêtra sous le pont de la route du lac au bas du cône de déjection, ce qui provoqua un brusque engorgement. Les matériaux charriés remplirent aussitôt le canal du Dorfbach, qui déborda. Si les inondations et les épandages d'alluvions atteignirent de nouveau une épaisseur d'environ un mètre dans le village de Küssnacht, les maisons, construites plus solidement qu'un siècle plus tôt, tinrent bon et il y eut une seule victime à déplorer. Suite à cet événement, le pont de la route du lac construit en

1838 fut surélevé de 0,6 m. Puis on fixa le lit du canal avec des traverses et on renforça ses berges. Enfin, on construisit quelques barrages en maçonnerie sèche dans la gorge de Küssnacht. Ils furent toutefois de taille moindre que les barrages préconisés par les professeurs Karl Pestalozzi (1825–1891) et Elias Landolt (1821–1896) en 1870 déjà. La plupart des barrages ayant cédé lors de la crue de 1891, ils furent remplacés entre 1895 et 1899 par une cascade de plus de 100 nouveaux barrages (FREY 1974).

Le cas de Küssnacht offre une illustration impressionnante du danger encouru par les localités situées sur des cônes de déjection. Il met également en évidence un risque inhérent à la construction des routes et des voies ferrées: celui de sous-dimensionner les passages sous les ponts qui enjambent des torrents!

De nombreux autres torrents alpins présentent des vestiges d'interventions de toutes sortes, dont on ne trouve toutefois pas trace dans les archives. Mais le contraire existe aussi: des archives contiennent de beaux plans qui ne furent pas mis en œuvre à l'époque. Citons par exemple la Saltina à Brigue. Elle subit différents aménagements à partir de 1331 et il y eut toujours de longues pauses jusqu'à ce que la situation redevienne menaçante. C'est ainsi que les inondations de 1834 et 1838 entamèrent une série de six catastrophes au 19^e siècle et déclenchèrent de nouveaux travaux. Des profils normaux visant à canaliser la Saltina dans les règles de l'art, au moyen de

Fig. 152 Cunette sur le cône de déjection du Renggbach, en amont de Kriens. Propositions de différents experts au 19^e siècle.



murs et d'épis, furent élaborés en 1838 (DE KALBERMATTEN 1985). Mais on ne sait pas exactement ce qui fut effectivement réalisé. En tout état de cause, Culmann constata en 1860 que les ouvrages sur la Saltina ne lui permettaient pas d'acheminer son charriage jusqu'au Rhône à travers le grand cône de déjection. C'est pourquoi elle serpentait «à sa guise» sur le terrain graveleux long de 1600 m et large de 10 m qui était laissé à sa disposition (CULMANN 1864). Un cours tendu fut fixé à partir de 1866 déjà, notamment en aménageant une série de hauts seuils en maçonnerie sèche. Mais les travaux n'étaient pas encore achevés que les matériaux charriés par deux crues comblaient une grande partie du canal en 1868 (EXPERTENKOMMISSIONEN 1868). A la fin du 19^e siècle, l'aménagement fut étendu à tout le torrent, comme sur d'autres sites. A l'instar de Küsnacht et son Dorfbach, Brigue vécut des «aventures» avec ses ponts sur la Saltina, mais seulement au 20^e siècle: en 1922, le pont menant de Brigue à Glis fut emporté par les flots; en 1993, la Saltina déborda par-dessus le pont et se répandit dans la ville; en 1997, le pont fixe fut remplacé par un ouvrage levant (MEYER *et al.* 1997).

L'exemple du Renggbach, près de Lucerne (chapitre 5), montre qu'un torrent peut aussi mettre en branle un défilé d'experts. Il s'écoulait normalement à travers le Renggloch, pour se jeter dans la Petite-Emme en amont de Littau. Mais il arrivait qu'il débordait avant le Renggloch et joigne ses eaux à celles du Krienbach, également sauvage, pour se jeter avec lui dans la Reuss à Lucerne. Ses eaux et ses alluvions se répandaient alors dans la «Neustadt», située en rive gauche de la Reuss. Ce phénomène se produisit pour la dernière fois en mai 1738, mais il représenta encore une menace pendant tout le 19^e siècle.

Comme le Renggbach débordait sur le cône de déjection en amont du Renggloch, les premiers efforts visèrent à y fixer le lit et à le garder libre d'alluvions. Pour atteindre le second objectif, on construisit même un barrage de 4 m à deux «battants», probablement similaire à une retenue de flottage, à l'extrémité supérieure du Renggloch, en 1812. On en attendait une onde susceptible de nettoyer le lit du torrent. Mais la retenue était bien trop petite, dans cette vallée étroite et raide, pour alimenter de telles ondes. Les premiers essais ne déployèrent aucun effet, si bien que le barrage fut immédiatement démantelé, «sous les rires des spectateurs curieux et des ouvriers eux-mêmes» (STIRNIMANN 1882).

En 1819, Hans Conrad Escher (1767–1823), le directeur des travaux de la Linth, proposa de confiner le Renggbach dans une cunette en blocs sur tout le cône de déjection, soit sur plus de 1,3 km. Quelque peu remanié en 1824 par Salomon Hegner (1789–1869),

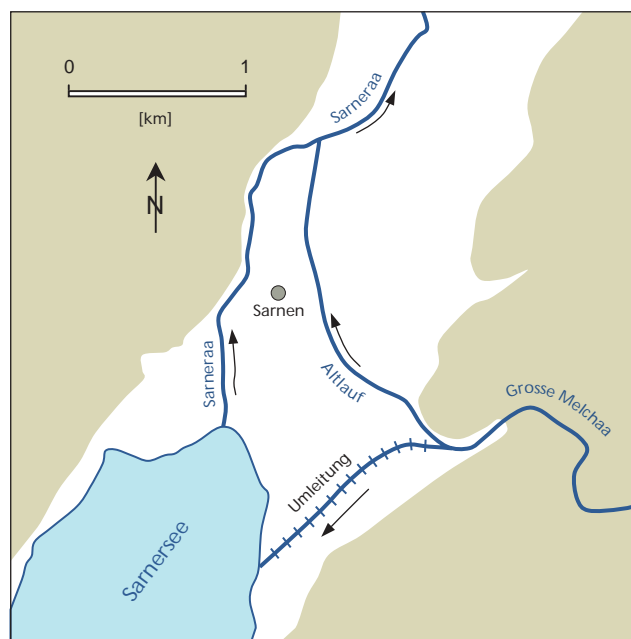


Fig. 153 Déviation de la Grande-Melchaa dans le lac de Sarnen en 1880.

l'inspecteur zurichois des routes et des cours d'eau, ce projet fut ensuite réalisé sur une longueur de 340 m. Quelques dégâts survenus en 1830 suscitérent l'intervention de l'ingénieur en chef du canton des Grisons Richard La Nicca (1794–1883), de l'entrepreneur uranais Karl Emanuel Müller (1804–1869) et à nouveau de Hegner. Mais leurs expertises, distinctes, n'eurent aucune suite. Après qu'une crue eut à moitié emporté l'installation en 1835, Johann Jakob Sulzberger (1802–1855), un industriel de Frauenfeld, recommanda de nouveau en 1840 de confiner tout le Renggbach. Selon lui, la cunette ne devait pas être simplement posée, mais creusée profondément dans le cône de déjection. Or un autre groupe d'experts ne voulait ou ne pouvait pas le suivre. Mais l'idée que le Renggbach devait aussi être aménagé en amont de son cône de déjection s'imposait de plus en plus (CULMANN 1864). En 1875, Gottlieb Heinrich Legler (1823–1897), l'ingénieur de la Linth de l'époque, livra un projet prévoyant 17 barrages de grande taille ainsi que des travaux de stabilisation des versants. L'inspecteur fédéral des travaux publics Adolf von Salis (1818–1891) confirma l'urgence de telles mesures en 1880. Mais les premiers ouvrages réalisés suite à cela furent détruits par une crue en 1896. C'est pourquoi le Renggbach ne fut aménagé dans les règles de l'art qu'au 20^e siècle (ULMI & BERTSCHMANN 1977). Le 19^e siècle n'avait apporté que des «bricolages» onéreux et des expertises de grande qualité!

A la légende de la Lütchine (chapitre 5), on peut opposer une réalité attestée historiquement, la déviation

de la Grande-Melchaa en 1880. Autrefois, ce torrent s'écoulait à l'est de Sarnen à sa sortie du Melchtal, avant de se jeter dans la Sarneraa. Or son cône de déjection en rehaussait toujours plus le niveau, et ce phénomène se faisait ressentir en amont jusqu'au lac de Sarnen, distant de 2 km. Il en résulta une recrudescence des inondations à Sarnen et sur les rives du lac. Suite à la crue particulièrement dévastatrice de 1830, on chercha un remède. Il consista finalement à détourner la Grande-Melchaa dans le lac de Sarnen par un canal de 1,2 km (VON SALIS 1884). Un delta de belle taille y est apparu depuis 1880 (LAMBERT 1989). Curieusement, on n'a retrouvé ni plan détaillé ni description de l'époque sur cette intervention très réussie (VISCHER 1995a). La réalisation de la première correction des eaux du Jura – comprenant une déviation de l'Aar d'une tout autre ampleur et située sur le Plateau – a-t-elle occulté ce qui se passait en pays d'Obwald?

Bassins de rétention des matériaux charriés

Il est recommandé d'aménager un bassin pour retenir les matériaux charriés lorsque

- des matériaux charriés se déposent dans le tronçon de torrent qui traverse le cône de déjection en quantités telles que des débordements sont à craindre, ou que
- des quantités excessives de matériaux charriés parviennent à l'émissaire du torrent.

Dans le premier cas, le bassin de rétention est aménagé à la transition entre la gorge et le cône de déjection. Dans le second cas, il est plus pertinent de le placer à l'extrémité inférieure du cône de déjection.

Fig. 154 Extension latérale de la cunette sur le cône de déjection de la Baye de Clarens. A partir de 1850 environ, 4 à 5 extensions en série formèrent un bassin de rétention qui se purgeait de lui-même sous un débit moyen.

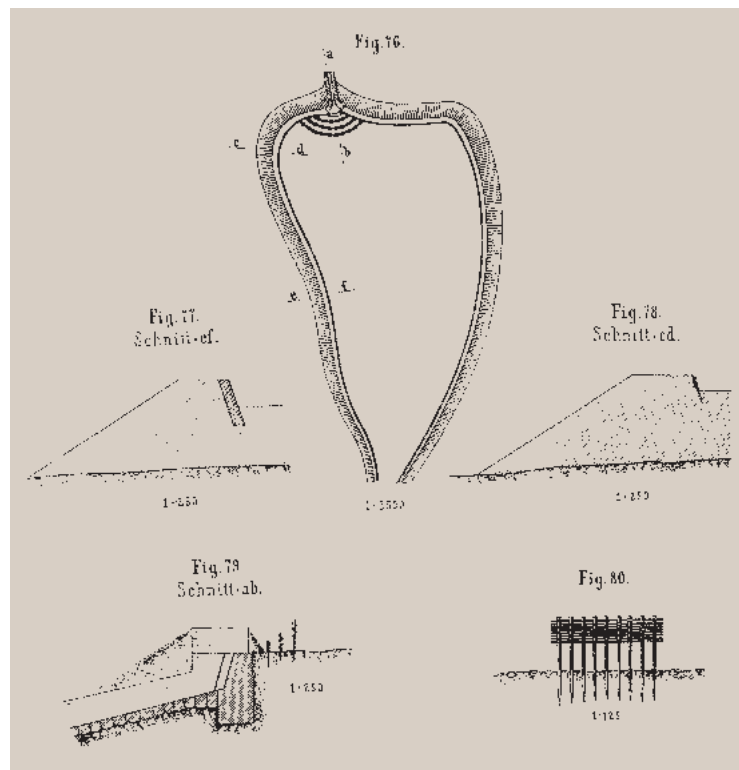
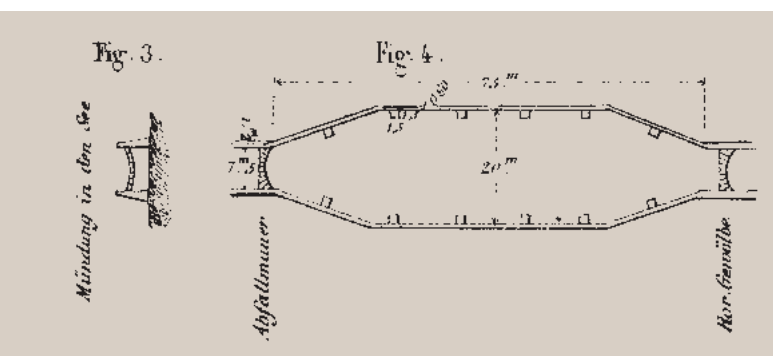


Fig. 155 Bassin de rétention des matériaux charriés dans la Ruestellirunse, construit à Mollis en 1854. Son exutoire est précédé de clayonnages. Dessin de Th. Nosek, 1881.

Au début, on se contentait de confiner quelque peu les sites de dépôt naturels entre des digues latérales. Puis on construisit des extensions latérales allongées et relativement étroites dans les torrents canalisés (ZOLLINGER 1983) – en espérant qu'ils puissent se curer d'eux-mêmes. Avant la mécanisation des travaux, il était très difficile de déblayer de tels bassins de rétention à la main et avec des charrettes.

Il est probable que de nombreux ouvrages de ce type sont apparus précocement, mais on n'en sait pas grand-chose. Le bassin de la rétention de la Baye de Clarens, qui se jette dans le lac Léman à Clarens, au nord-ouest de Montreux, a fait l'objet d'une certaine attention. Les matériaux charriés par la Baye, à partir d'un bassin versant de petite taille mais de forte pente, s'accumulaient pour former un grand cône de déjection, si bien que le torrent en crue épandait ses eaux et ses alluvions sur la route principale longeant le lac. Il l'emportait même parfois jusque dans le lac. Aussi fut-il confiné entre des digues – par exemple en 1823 –, mais celles-ci n'eurent pas d'effets durables. Suite à un appel d'offres, le valaisan Ignace Venetz (1788–1859) se vit confier un mandat visant à remédier à la situation en 1834 (VON ROTEN & KALBERMATTER 1990). Considéré comme un spécialiste en la matière, Venetz s'était notamment forgé une réputation en prenant

des mesures contre les débâcles des lacs glaciaires de Mauvoisin, Mattmark et Märjelen. Ingénieur cantonal valaisan de 1816 à 1837, il fut ensuite engagé par le canton de Vaud, ce qui n'empêchait pas de travailler à titre privé à l'époque (VISCHER 2001b).

A Clarens, Venetz était responsable de l'établissement du projet et de son exécution (on le qualifierait aujourd'hui d'entrepreneur général). Il essaya d'aménager un bassin de rétention dans la partie supérieure du cône de déjection en y construisant quatre murs parallèles. Il défini ainsi un chenal central étroit et deux terrasses plus larges, qu'il subdivisa ensuite en compartiments avec des ouvrages transversaux pour qu'ils puissent se colmater. Il choisit donc un mode de construction plutôt adapté aux cours d'eau à faible pente et appliqué lors de quelques corrections fluviales (CULMANN 1864). Mais ses efforts furent anéantis par plusieurs crues, en particulier celle de 1846, si bien qu'il dut abandonner en 1847.

Le canton de Vaud reprit les travaux en confinant à nouveau le chenal avec des murs sur le cône de déjection et en pavant le fond du lit. Des matériaux s'y étant accumulés malgré tout, on reconstruisit un bassin de rétention des matériaux. Il se composait d'une série de 4 ou 5 extensions latérales du canal longues d'environ 75 m. Les piliers de soutènement des murs de la berge s'y avançaient comme de courts épis dans la section d'écoulement, contribuant à ce que toute l'installation soit purgée par les crues d'ampleur modeste. Culmann, qui visita Clarens en 1860, confirma la pertinence du dispositif. Mais il attira l'attention sur le fait que la delta de la Baye, qui croîtrait inévitablement dans le lac, finirait par tout endiguer avec le temps (CULMANN 1864).

La correction de la Linth de 1807 à 1816 (chapitre 7) inaugura la construction de toute une série de bassins de rétention des matériaux charriés. Elle visait à faire cesser l'exhaussement du lit et le remblaiement de la plaine de la Linth qui menaçait d'en résulter. On comprend ainsi pourquoi l'organisme responsable «reçut le droit de refuser les matériaux charriés provenant de tous les affluents», comme l'exprima Culmann. Etant donné la situation du bassin versant, c'est le canton de Glaris qui se vit sollicité en premier lieu: «la population fut tenue de réfléchir à la façon de retenir le charriage dans les montagnes en recourant à des moyens artificiels» (CULMANN 1864). Des mesures connexes similaires furent mises en œuvre dans le cadre d'autres corrections fluviales.

La première réaction consista bien sûr à ordonner l'aménagement de bassins de rétention. A certains endroits, la nouvelle configuration de l'émissaire exigea même d'agir rapidement, par exemple à Mollis, située sur le cône de déjection de la Rûfirunse. Jusqu'alors,

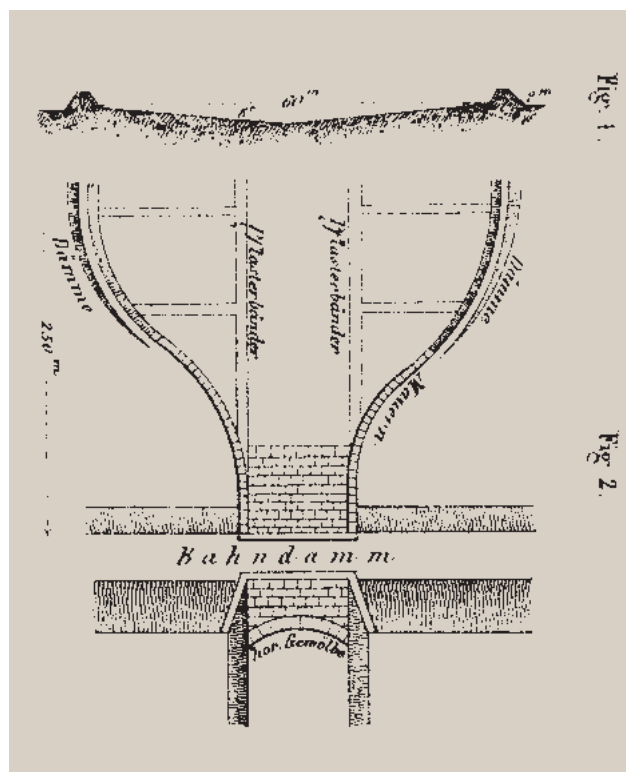


Fig. 156 Bassin de rétention des matériaux charriés dans la Gryonne, situé en amont du passage couvert sous la voie ferrée de la vallée du Rhône construite en 1857, au nord-ouest de Bex.

le village s'était simplement protégé en confinant le torrent dans une cunette qui acheminait les matériaux charriés dans la Linth. Mais la rivière y fut canalisée et bordée de digues de 1807 à 1811, dans le cadre de sa correction. L'évacuation des matériaux charriés devint plus difficile et fut même interdite. Il fallut donc compléter la cunette du torrent par un bassin de rétention. Mais son curage s'avéra toujours plus coûteux, la recrudescence des crues survenue au 19^e siècle jouant certainement un rôle dans cet état de fait. Un autre torrent, la Ruestellirunse, se jette dans la Linth au sud du vieux centre de Mollis. Aucune intervention n'eut lieu sur son cône de déjection durant une longue période. Il fallut attendre 1854 pour qu'une corporation – en Suisse romande, on dirait un consortage – fixe le lit du torrent et aménage un bassin de rétention. Long de 120 m, large de 45 m et haut de 6 m, cet ouvrage était flanqué de digues pavées du côté mouillé. Son extrémité inférieure, étroite, était équipée d'un barrage précédé de clayonnages. Culmann décrivit cette installation comme la plus grosse qu'il ait vue lors de ses nombreuses visites dans les Alpes suisses. Il signala aussi que les matériaux se déposaient d'eux-mêmes dans le bassin. Dans d'autres systèmes, on essayait apparemment de favoriser le dépôt en incorporant des dispositifs complémentaires.

Au 19^e siècle, la construction ferroviaire fournit une nouvelle raison d'aménager des bassins de rétention. Pour protéger les voies, sensibles aux dépôts grossiers, on essaya d'empêcher tout engorgement des passages sous voie empruntés par des torrents. Signalons par exemple le dispositif installé sur la Gryonne, autrefois très chargée en matériaux. Traversant la ligne construite en 1857 dans la vallée du Rhône, elle fut dotée d'un bassin de rétention à l'entrée du passage couvert, près de Bex. Ses dimensions, de 250 m sur 60 m, dépassaient même celles du bassin de Mollis (CULMANN 1864).

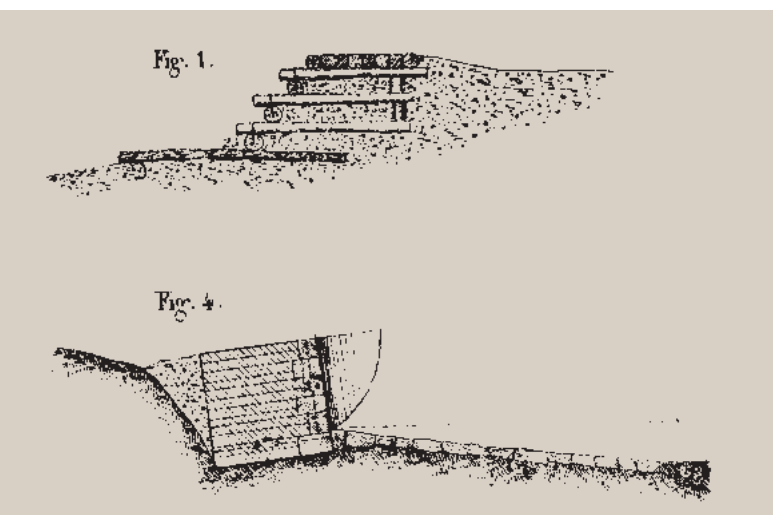
12.3 Extension des mesures à l'ensemble du cours

De la lutte contre les symptômes à la lutte contre les causes

Les mesures prises sur le cône de déjection et le chenal d'évacuation visent à empêcher les débordements et surtout les dépôts indésirables de matériaux charriés. Or ces dépôts sont symptomatiques de processus d'érosion en amont du cône de déjection. Au vu des difficultés rencontrées pour les débiter à l'intérieur ou à l'extérieur des éventuels bassins de rétention, l'on se mit à réfléchir à la façon de lutter contre les causes du phénomène.

Pour donner un ordre de grandeur, référons-nous aux conclusions d'une mensuration du delta de la Grande-Melchaa, dans le lac de Sarnen. De grandes quantités de matériaux se déposèrent dans le lac dès que le torrent y fut dévié en 1880, l'érosion ayant augmenté dans le cours raccourci de la Grande-Melchaa. Puis le torrent atteignit son courant normal, si bien que le

Fig. 157 Coupes transversales de barrages en bois réalisés sur la Simme et de barrages en pierres construits sur la Gürbe, en 1860.



bilan de masse pour la période de 1911 à 1987 peut être considéré comme représentatif. Il indique que le volume charrié sous la forme de sables et graviers est de 6000 à 7000 m³ par année en moyenne (LAMBERT 1989). Si l'on avait équipé la Grande-Melchaa d'un bassin de rétention non prévu pour être curé, il aurait fallu évacuer annuellement un tel volume: une tâche énorme, si elle est effectuée avec des outils manuels et des charrettes à chevaux, d'une capacité de l'ordre du mètre cube!

C'est pourquoi les spécialistes de l'aménagement des torrents se mirent à réfléchir, dès 1800 environ, à la façon de retenir les matériaux charriés dans la gorge déjà. On pensa d'abord à construire tout simplement des bassins de rétention à une altitude supérieure. Mais on s'aperçut vite qu'il fallait empêcher, ou du moins réduire significativement la production de matériaux susceptibles d'être charriés, soit notamment l'érosion, dans l'ensemble du bassin versant.

Les premières cascades de barrages

Les barrages isolés qui étaient construits naguère dans les gorges des torrents avaient une hauteur modeste, de quelques mètres. Ils ne pouvaient pas retenir de grands volumes solides, mais ils permettaient au moins de rompre la pente des torrents et de ralentir l'érosion. Mais si la production de matériaux en amont demeurait inchangée, ils perdaient toute efficacité au bout de quelques années seulement.

Ces ouvrages étaient conçus très diversement. On trouvait toutes sortes de constructions en maçonnerie, en caissons en bois ou mixtes. Les Archives cantonales du Valais contiennent des plans de 1833 à 1873 qui concernent 5 torrents du canton (DE KALBERMATTEN 1985). Culmann a également présenté des exemples de réalisations précoces dans d'autres cantons de montagne (CULMANN 1864).

Il a fallu attendre 1842 pour qu'on se risquerait à construire des cascades de grands et hauts barrages en Suisse. L'impulsion fut donnée par l'ingénieur de la province du Tyrol, Joseph Duile (1776–1863), qui publia en 1826 un manuel concis sur l'aménagement des torrents dans les pays de montagne, notamment dans les provinces du Tyrol et du Vorarlberg (section 3.4). Il y traitait tout spécialement de la disposition des cascades de barrages et de la conception des ouvrages nécessaires en pierres et en bois (DUILE 1826). Si ses idées tardèrent à être mises en œuvre dans sa patrie (ÖBLF 1984), elles conquièrent le pays glaronnais dans les années 1840. Suite aux exigences découlant de la correction de la Linth, le gouvernement cantonal lui confia une «étude des torrents du canton de Glaris» en 1841.

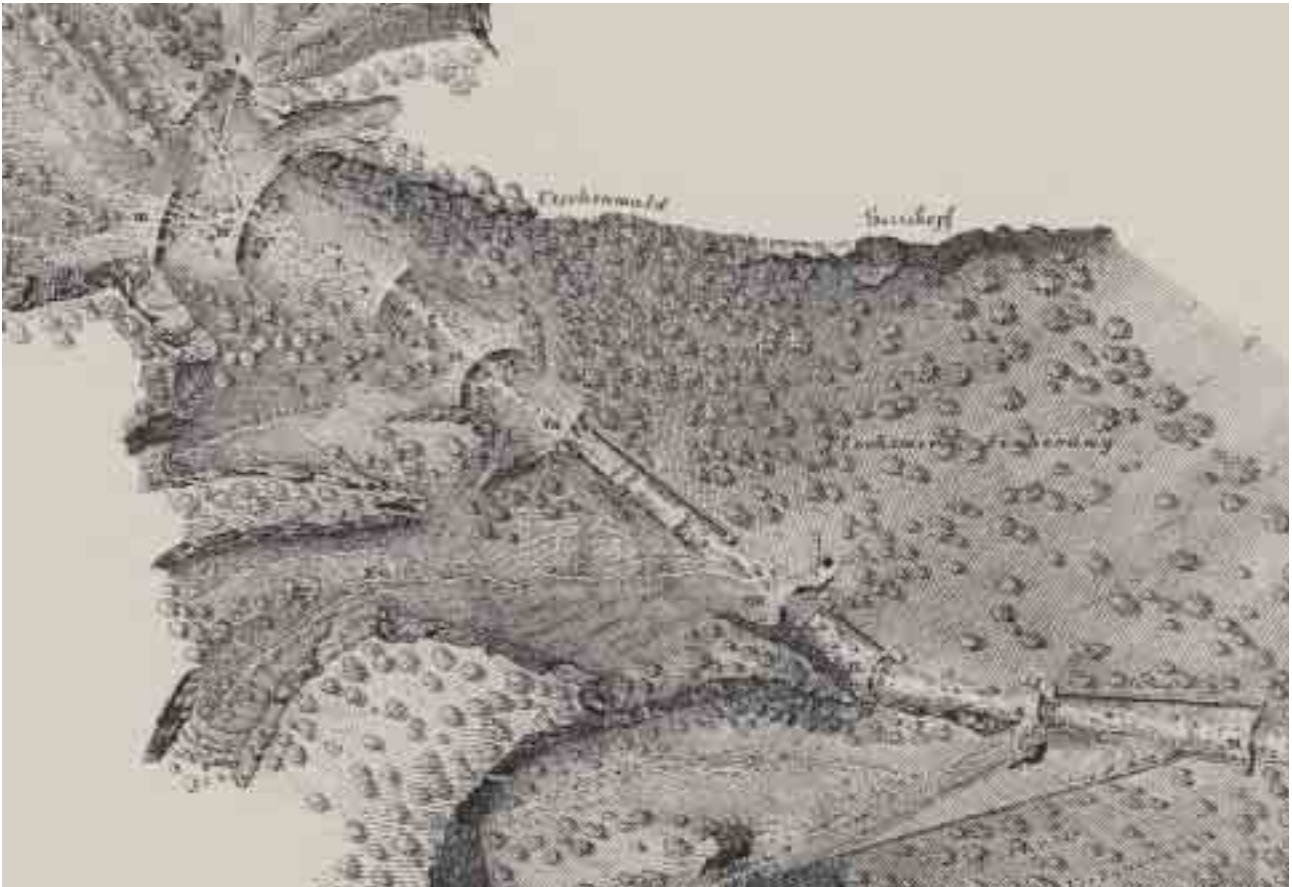


Fig. 158 La Rûfirunse à Mollis, avec ses aménagements. Situation des barrages construits à partir de 1842. Dessin de G. H. Legler, 1856.

Le rapport qui la conclut décrivait les causes des dégâts occasionnés par les torrents, citait les plus préjudiciables et proposait des mesures d'assainissement (DUILE 1841). Duile signala concrètement que le Durnagelbach était le principal pourvoyeur de charriage dans la Linth et que les villages de Mollis et de Niederurnen étaient les plus menacés par les épanchages d'alluvions. Il recommanda instamment de compléter les mesures déjà prises à certains endroits sur les cônes de déjection par d'autres mesures dans les bassins versants, consistant à aménager des cascades de barrages dans le lit des torrents. Il fournit également des instructions écrites pour construire les barrages ainsi que les ouvrages longitudinaux et les clayonnages qui vont de pair. Outre son rapport, il proposa également certaines réalisations sur place et par oral, notamment au sujet de la Rûfirunse à Mollis (OBI 1914), qui avait déjà été équipée de petits ouvrages longitudinaux et transversaux à partir de 1831 (LEGLER 1856).

C'est ainsi que la Rûfirunse fut le premier torrent aménagé de manière moderne en Suisse. La situation y régnant a déjà été décrite plus haut. Le curage du bassin de rétention des matériaux charriés devenant de

plus en plus ardu et onéreux, il fut même négligé, si bien que les dépôts d'alluvions obstruèrent la cunette et favorisèrent des débordements dévastateurs. C'est pourquoi les habitants de Mollis, astreints à l'entretien et au curage des ouvrages, furent particulièrement réceptifs au message de Duile.

La construction du premier barrage de grande taille commença en 1842 déjà. Composé d'un mur en maçonnerie sèche incurvé, avec un léger fruit, il fut élevé par couches de 1,8 à 2,1 m, qui étaient posées lorsque le bassin formé par la précédente était rempli. Les autres barrages furent construits de la même manière, pour former une succession – une cascade – de barrages à partir de 1854. Le plus grand avait une hauteur de 18 m pour une longueur d'arc de 30 m et une épaisseur de 3,6 m au couronnement (LEGLER 1856, OBI 1914). Il remplit son office pendant 50 ans, puis il fallut le remplacer, car il présentait des déformations faisant craindre son effondrement. Le nouveau barrage fut construit juste en contrebas en 1893, sous la forme d'un mur arqué en maçonnerie jointoyée d'une hauteur de 22 m. Par comparaison, le plus haut barrage d'usine électrique de l'époque comptait 1 m de moins. Il s'agissait du barrage-poids en béton de la



Fig. 159 La Rûfirunse à Mollis. Vue de la cascade de barrages construite à partir de 1842. Dessin de G. H. Legler, 1868.

Maigrauge, sur la Sarine. Achevé en 1872, il avait une longueur de 195 m (SCHNITTER 1992).

Peu après le chantier de la Rûfirunse, d'autres torrents furent aménagés dans le canton de Glaris selon les concepts de Duile, à commencer par la Ruestellirunse, le deuxième torrent de Mollis, et le Dorfbach de Niederurnen. Les ravins latéraux de ce dernier subirent toutefois un traitement particulier (section suivante).

Les premiers petits brise-laves

A l'époque, une solution intéressante pour «hausser et boiser les zones de glissement acheminant peu d'eau» (LEGLER 1868) fit l'objet d'une attention particulière dans les milieux spécialisés. Elle recourait à des «étages de clayonnages selon Jenny» et à des cunettes en per-ré. Ils furent introduits en 1838 par le contremaître communal Conrad Jenny (1800–1870), pour aménager les ravins du bassin versant du Dorfbach de Niederurnen où coulaient des torrents sporadiques (DAVATZ 2002). Les étages de clayonnages étaient des successions de clayonnages, généralement disposés en travers d'un ravin à intervalles de l'ordre de 3 m. Sortes de râ-teaux verticaux, ils permettaient d'extraire l'eau des petites laves torrentielles, et ainsi de les ralentir. Certes, elles couchaient les 6 à 8 clayonnages supérieurs, mais elles y perdaient tant d'eau qu'elles se solidifiaient. Et l'on implantait ensuite de nouveaux clayonnages sur les masses ainsi durcies.

Après plusieurs répétitions de ce processus, le ravin était comblé, par exemple sur une épaisseur allant jusqu'à 10 m. Lorsque ses versants étaient suffisamment stabilisés, une cunette de 2,2 m de large était creusée au centre du ravin, puis pavée et confinée entre des clayonnages agencés de façon à guider le torrent (CULMANN 1864, LEGLER 1868, OBI 1914). Ensuite, on pouvait reboiser le ravin.

Cette idée permit apparemment d'obtenir de très bons résultats à Niederurnen. Mais il semble qu'elle n'ait pas fait école. Les conditions différaient peut-être trop dans les autres bassins versants. Ou alors, on voyait les effets des clayonnages de façon différente. On installait en effet des clayonnages et autres petits ouvrages similaires partout où il fallait consolider un éboulis de pente. En tout état de cause, on ne perdit pas de vue le fait que les laves torrentielles perdent de l'eau puis s'arrêtent dès qu'elles sont freinées ou s'étalent latéralement. Cet effet était exploité plus ou moins consciemment lorsque l'on construisait des cascades de barrages et de grands bassins de rétention des matériaux charriés. Mais on oublia progressivement qu'il est possible de séparer l'eau des matériaux charriés, et de figer ainsi ces derniers, en installant des dispositifs en forme de râ-teaux dans le chenal.

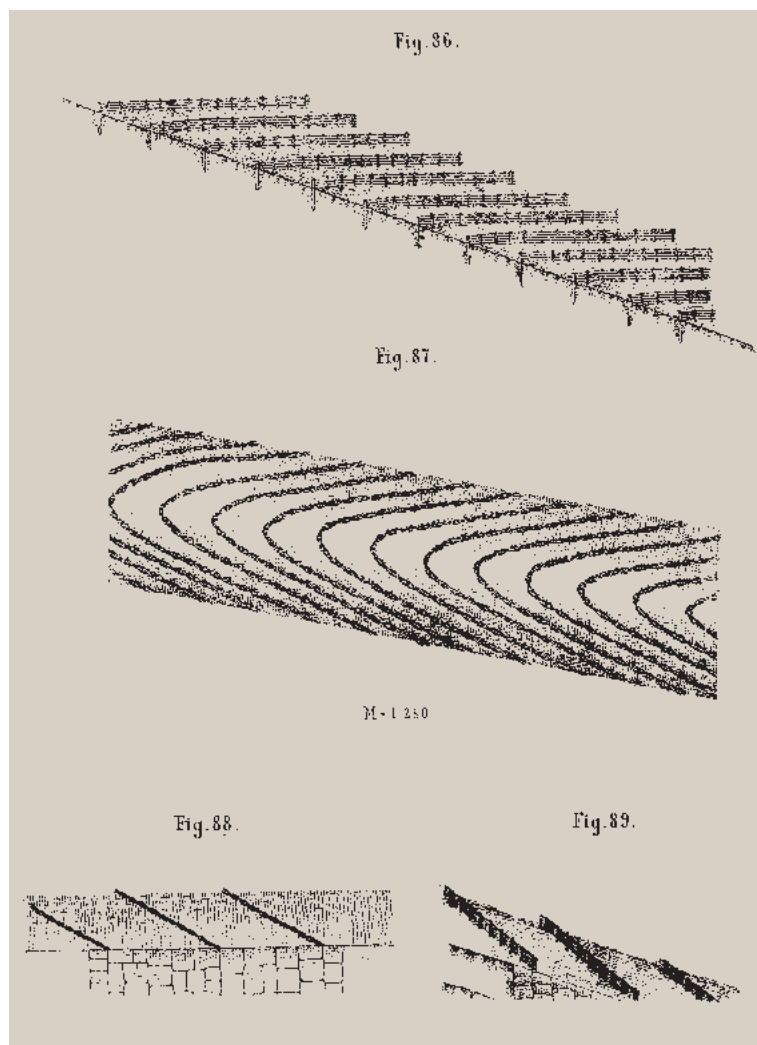


Fig. 160 Etages de clayonnages selon C. Jenny, tels qu'ils furent installés à partir de 1838 dans les ravins latéraux du Dorfbach de Niederurnen. Dessin de Th. Nosek, 1881.

Ce n'est qu'en 1992 qu'on fit à nouveau usage de cette propriété en Suisse. Un brise-lave revêtant la forme d'un grand râ-teau couché fut installé dans le Dorfbach de Randa (VS). L'idée avait été reprise du Japon (ZIMMERMANN 1994).

12.4 L'ère des cascades de barrages

Echange de vues en région alpine

Comme déjà signalé, la phase moderne de l'aménagement des torrents en Suisse fut largement influencée par le Tyrolien Duile en 1841. Par son entremise, les spécialistes suisses purent bénéficier d'une culture de la construction qui s'était développée dans les Alpes orientales. Mais comme les cascades de grands

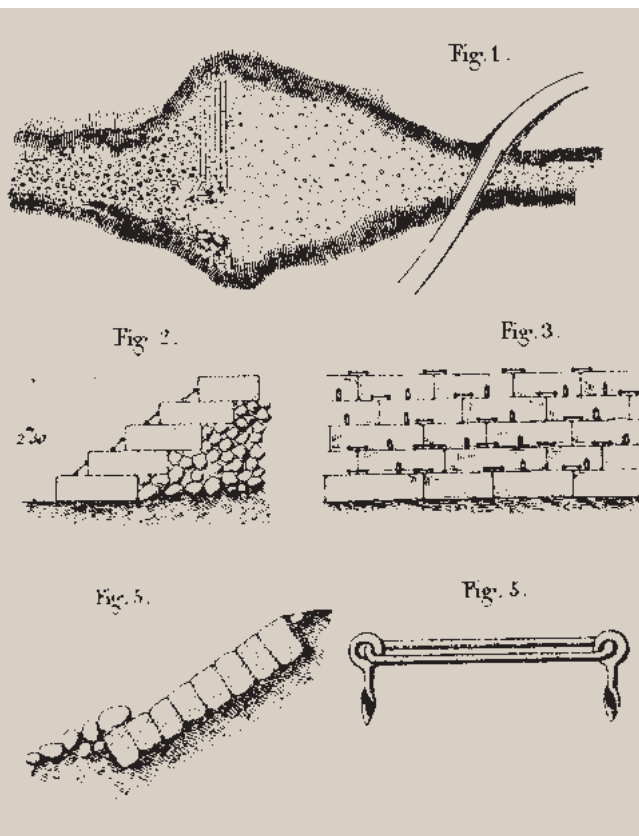


Fig. 161 Aménagement réalisé dans les Alpes françaises en 1851: barrage sur la Roise à Voreppe, dans le département de la Savoie. Des agrafes renforcent les gradins de pierres remplis à l'arrière. Esquisses de Culmann, 1864.

barrages aménagées dans le canton de Glaris suite aux travaux de Duile comptaient parmi les premières réalisations de cette nature, de nombreux spécialistes étrangers vinrent les visiter. Elles se «rétrouffèrent» dans les Alpes orientales et furent également mises en œuvre dans d'autres régions (Hess 1876, NOSEK 1881).

Les Alpes occidentales ont-elles aussi exercé une influence? Dans son rapport de 1864, Culmann mentionnait trois ingénieurs français, soit Jean-Antoine Fabre (1748–1834), Alexandre Surell (1813–1887) et Scipion Gras (1806–apr. 1870). Fabre, qui travaillait dans le département du Var (FABRE 1797), avait rédigé en 1797 un «Essai sur la théorie des torrents et des rivières». Il y recommandait surtout de préserver les forêts dans les bassins versants ou de reboiser ceux-ci. Il préconisait de laisser libre cours aux torrents les plus impétueux; quant aux autres, il prévoyait de n'en stabiliser que les ravins, au moyen de clayonnages – un peu comme Jenny le fit à Niederurnen à partir de 1838 (WANG 1903). Dans une «Etude sur les torrents des Hautes-Alpes» parue en 1841, Surell traita des torrents dans le département des Hautes-Alpes,

largement déboisé (SURELL 1870). On y trouve des formes d'érosion que Culmann décrivit lapidairement au cours d'une visite faite en 1860: «région pleine de glissements de terrain», «environnement dénudé et caillouteux», «comparable à aucune vallée suisse ou tyrolienne» (CULMANN 1864). Il était donc naturel que Surell mette l'accent sur toutes les mesures permettant un reboisement intégral. L'aménagement des torrents et la stabilisation des versants, mais aussi l'irrigation des pentes, comptaient au nombre de celles-ci. Les barrages implantés dans le lit des torrents devaient être construits dans la mesure du possible avec des fascines et des clayonnages en bois apte à repousser. Surell pensait que les torrents disparaîtraient d'eux-mêmes dans les régions reboisées (chapitre 1). Mais Culmann ne remarqua aucune mesure concrète dans le département des Hautes-Alpes en 1860. C'est pourquoi il visita encore trois barrages construits en 1851 par Gras dans le département voisin de la Savoie, notamment moins déboisé. Ces ouvrages délimitaient des aires de dépôt d'alluvions à l'entrée du cône de déjection de la Roise à Voreppe. Il n'y avait probablement pas d'autre grand ouvrage à voir dans les Alpes françaises.

C'est pourquoi Culmann conclut en 1864 que les études françaises de Fabre, Surell et autres n'étaient pas sans intérêt au plan théorique, mais qu'elles ne sauraient servir de modèle pour l'aménagement des torrents suisses, faute de réalisations. Les spécialistes suisses romands qu'il avait interrogés étaient du même avis. Mais 30 ans plus tard, les travaux français en matière de protection contre les crues furent remarqués et jouirent d'une considération certaine (GONIN 1890, FANKHAUSER 1897).

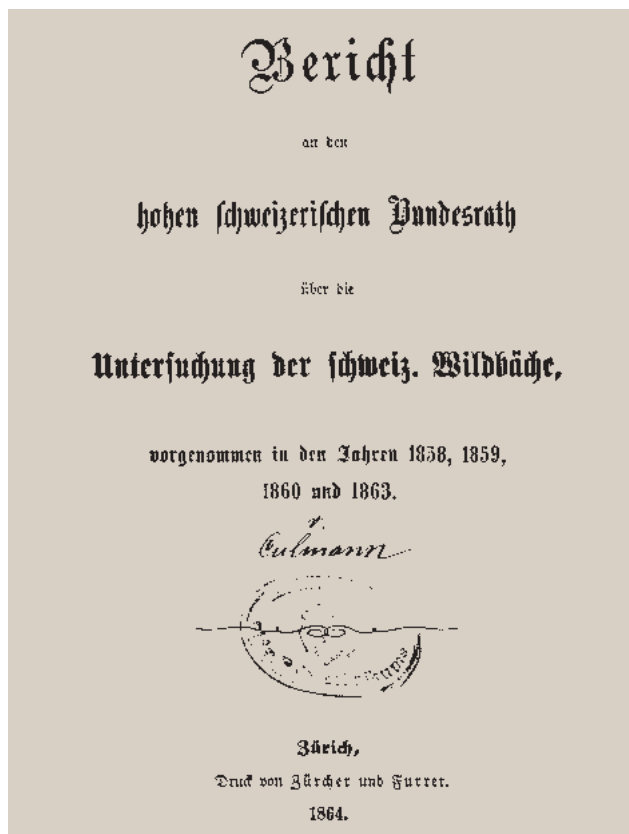
Un concept à l'échelle de la Suisse

Comme déjà signalé, c'est d'abord la correction de la Linth, de 1807 à 1816, qui incita les Glaronnais à intensifier l'aménagement de leurs torrents. Mais on s'aperçut bientôt que ces mesures profitaient aussi aux riverains de ces torrents. Culmann dépeignit la situation comme suit: «On vit bientôt apparaître combien était important le bénéfice immédiat que les aménagements réalisés à cet effet procuraient aux terres. On se mit à réaliser des aménagements également où cela n'était pas directement exigé par la correction de la Linth, et l'on trouve maintenant partout des ravins aménagés dans les affluents latéraux, à grande distance de la Linth corrigée» (CULMANN 1864).

Les autres cantons ne suivirent pas tout de suite le mouvement, malgré les problèmes posés par les torrents dans presque toutes les vallées de montagne. Cela incita les autorités fédérales à faire le point de la

situation et à redéfinir les tâches de la Confédération dans ce domaine. De nos jours, on dirait qu'elles ont élaboré un concept général de gestion des torrents suisses. Elles s'assurèrent les services de Carl Culmann (1821–1881), professeur en sciences de l'ingénieur au Polytechnicum fédéral (actuellement EPF Zurich), comme expert. Elles mandatèrent simultanément son collègue Elias Landolt (1821–1896), professeur de sylviculture, pour étudier l'état des forêts de montagne et pour concevoir en quelque sorte un concept général de gestion des forêts de montagne suisses (LANDOLT 1862). On prenait ainsi en compte la corrélation, souvent manifeste, entre le déboisement d'autrefois et la progression de l'érosion. Mais on poursuivait également des objectifs purement forestiers. Culmann remit en 1864 son rapport d'expertise sur les torrents suisses, déjà cité plusieurs fois. Fort de 650 pages imprimées, il était intitulé «Bericht an den hohen schweizerischen Bundesrath über die Untersuchung der schweizerischen Wildbäche – vorgenommen in den Jahren 1858, 1859, 1860 und 1863» (CULMANN 1864). L'auteur y décrit les principaux torrents de 12 cantons de montagne ainsi que les aménagements existants, déjà prévus ou qu'il juge

Fig. 162 Concept général de gestion des torrents suisses de 1864. Page de titre du rapport de 650 pages de C. Culmann.



nécessaires, en joignant un devis dans le dernier cas. Le plus souvent, il aborde aussi la correction des émissaires, tels le Rhône ou la Reuss. Puis il récapitule les bases légales régissant l'aménagement des cours d'eau en vigueur ou en préparation dans les cantons concernés. Enfin, il formule des «propositions pour améliorer les conditions hydrotechniques» régnant en Suisse dans les domaines de la législation fédérale, de l'octroi des subventions, de l'organisation de la surveillance, de la formation et de la collecte des données.

Le rapport de Culmann est étonnant par son exhaustivité et par la densité de son contenu. Originaire du Palatinat, l'auteur avait étudié à Karlsruhe puis gagné ses galons dans la construction ferroviaire. Il n'était donc pas un spécialiste des torrents lorsqu'il fut appelé au Polytechnicum fédéral, en 1855 (VISCHER 2001b). A partir de 1859, il visita nombre de vallées et de torrents suisses qui lui étaient inconnus, afin de s'assurer la vue d'ensemble nécessaire à son expertise. Il étudia aussi les conditions qui régnaient sur le cours autrichien de l'Inn, dans la Valteline et dans les Alpes françaises. Chemin faisant, il rencontra pratiquement tous les spécialistes des régions qu'il examinait, et put s'enquérir de leur avis. Dans la préface de son rapport, il présenta modestement des excuses pour les «nombreuses lacunes» qui pourraient affecter ses explications: «En répétant à nouveau que la tâche qui nous fut confiée dépasse largement les forces d'un seul homme, nous espérons que l'œuvre initiée par le Haut Conseil fédéral ne s'arrêtera pas à ces investigations...»

Le rapport de Culmann exerça effectivement une influence considérable sur l'évolution ultérieure. Il fournit quelques clés de ce succès, dont celle-ci qui revêt une grande importance pour son application aux plans technique et politique: «Nous basant sur ce qui a été réalisé et sur les expériences retirées ici (dans le canton de Glaris), nous avons pu recommander partout avec certitude les ouvrages que j'ai proposés, et nous avons aussi eu fréquemment l'occasion, lors de nos excursions, de dire aux gens qui ne voulaient pas croire au succès attendu des ouvrages proposés: Allez voir comme ces ouvrages ont bien fonctionné dans le canton de Glaris sous des conditions très similaires!» (CULMANN 1864).

Les expériences acquises dans le canton de Glaris ont été regroupées et publiées en 1868 par Gottlieb Heinrich Legler (1823–1897), l'ingénieur de la Linth de l'époque (LEGLER 1868). En automne de la même année, la nature elle-même propulsa le rapport de Culmann à l'avant-scène: des crues extraordinaires affectèrent les bassins versants du Rhin, de la Reuss, du Tessin et du Rhône. Elles se caractérisèrent non



Fig. 163 Les crues extraordinaires de 1868. «Epanchage d'alluvions dans le village de Rinkenbergl» (Zignau), provoqué par la Zavragia, dans la vallée du Rhin antérieur. Vue vers l'amont du torrent.

seulement par d'importants débordements dans les vallées basses, mais aussi par une multitude de laves torrentielles et glissements de terrain dangereux dans les régions de montagne. Il y eut de très gros dommages, de nature à mobiliser la collectivité en faveur de la protection contre les crues et l'érosion (EXPERTEN-KOMMISSIONEN 1868).

Le défi posé par les barrages en torrent; l'aménagement de la Nolla

Le rapport de Culmann de 1864 recommandait de construire des barrages dans de nombreux torrents. Mais il les considérait presque toujours en complément de mesures sur le cône de déjection, ou ailleurs. Pour Culmann, construire une cascade de barrages et corriger un torrent n'étaient pas synonymes. On peut en dire autant des autres spécialistes, de Duille à Legler. Dans son ouvrage de 1868, Legler décrivait, outre les barrages glaronnais, les succès rencontrés dans ce canton lorsqu'il s'est agi de stabiliser les bassins versants, de construire des bassins de rétention et d'aménager les chenaux d'évacuation (LEGLER 1868). Mais l'ère des corrections de torrents, qui s'imposa en force au cours des années 1870 en Suisse, suscita l'association des deux notions, du moins dans la conscience populaire. Il y eut trois raisons à cela:

- les cascades de barrages étaient ce qu'il y avait de plus récent dans le domaine de l'aménagement moderne des torrents;
- les cascades de barrages furent remarquées parce qu'elles étaient construites dans des gorges restées intactes jusqu'alors;
- les barrages élevés étaient chers. Ils représentaient un défi pour les constructeurs à cause des multiples contraintes auxquelles ils étaient soumis, telles qu'eau chargée en alluvions, laves torrentielles, avalanches, mouvements de terrain ou conditions météorologiques.

Un des premiers torrents non glaronnais à être équipé d'une cascade de barrages fut le Trübbach, où 15 barrages en pierres d'un volume de 243'000 pieds cubes (6'600 m³) furent réalisés en quelques semaines en 1866 (LEGLER 1868). Culmann avait dit en 1864 que le Trübbach était le pire torrent du canton de St-Gall et qu'il fallait impérativement l'aménager à la suite de la correction du Rhin alpin (CULMANN 1864). Mais l'aménagement de la Nolla, commencé en 1870, acquit une notoriété supérieure pour deux raisons: ce torrent grison, qui sortait de sa gorge à Thusis, était l'un des plus dévastateurs de Suisse et plusieurs éminents spécialistes se penchaient sur son cas. La Nolla draine un bassin versant de 25 km² situé en

grande partie dans des schistes lustrés. Elle emprunte une gorge de 6 km qui reçoit quelques torrents de taille inférieure. Très chargée de matériaux en suspension, son eau est sombre, même en période de moyennes eaux. Elle colore également son émissaire, le Rhin postérieur, et le trouble qu'elle occasionne est encore visible dans le Rhin alpin. Lorsqu'elle est en crue, on ne manque pas d'être frappé par la charge solide qu'elle entraîne sous la forme de particules en suspension, sédiments charriés et bois en quantité.

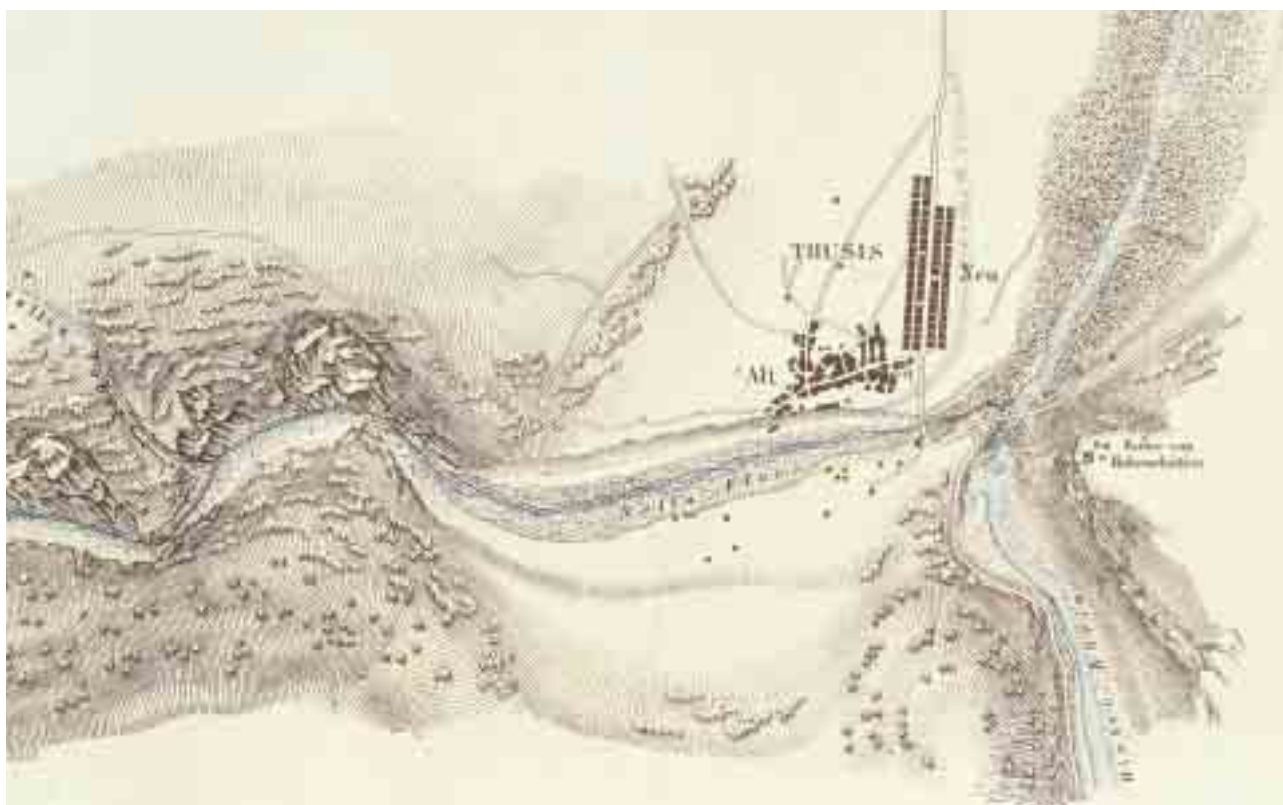
Lorsqu'elle entrait en crue, il n'était pas rare que la Nolla «explose» sous la forme d'ondes chargées de matériaux solides et de laves torrentielles dévastatrices. Le premier événement documenté, qui date de 1585, est décrit en ces termes: «Le jour de la Vierge, au mois d'août, les eaux gonflèrent à Thusis à tel point qu'elles entraînent des pierres grosses comme des fourneaux. Le Rhin postérieur s'accumula derrière l'obstacle et le rompit violemment une heure avant l'aube. Il y eut des grondements, des craquements et des crépitements, comme si les montagnes s'écroulaient. Les vergers, prés, ponts, digues, champs et jardins subirent d'énormes dégâts» dans les communes situées en contrebas dans le Domleschg. Hans Conrad Escher décrit le même mécanisme lors de la crue de la Nolla de 1807. Les laves torrentielles qui la

marquèrent vinrent grossir rapidement le cône de déjection à Thusis, et bloquer les eaux du Rhin postérieur sur une hauteur allant jusqu'à 12 m. Lorsque le fleuve força le passage, une onde impétueuse inonda le fond de la vallée du Domleschg et y répandit ses alluvions (OBI 1891).

Escher, le directeur des travaux de la Linth, fut apparemment le premier expert à s'occuper de l'assainissement de la Nolla, «sur demande urgente», comme il l'écrivit (SOLAR 1998). Mais son rapport publié en 1809 «sur les glissements de terrain, avec une attention particulière à l'égard des glissements de terrain dans la vallée de la Rolla (Nolla), derrière Thusis...» ne proposait aucune mesure d'aménagement hydraulique dans le lit du torrent. Il pensait qu'on pouvait contrôler la situation en agissant hors de celui-ci, par exemple par des drainages et des plantations dans le bassin versant (ESCHER A. 1852).

Au vu des connaissances acquises à l'époque dans l'aménagement des torrents, il était visiblement difficile d'imaginer des ouvrages enserrés dans la gorge sauvage de la Nolla. C'est certainement une des raisons pour lesquelles on n'a pas exécuté les premiers travaux sur la Nolla, mais sur le Rhin postérieur. Il fut corrigé à partir de 1832, d'abord sous la direction de Richard La Nicca (1794–1883), ingénieur en chef du

Fig. 164 L'embouchure de la Nolla dans le Rhin postérieur, à Thusis, en 1870.



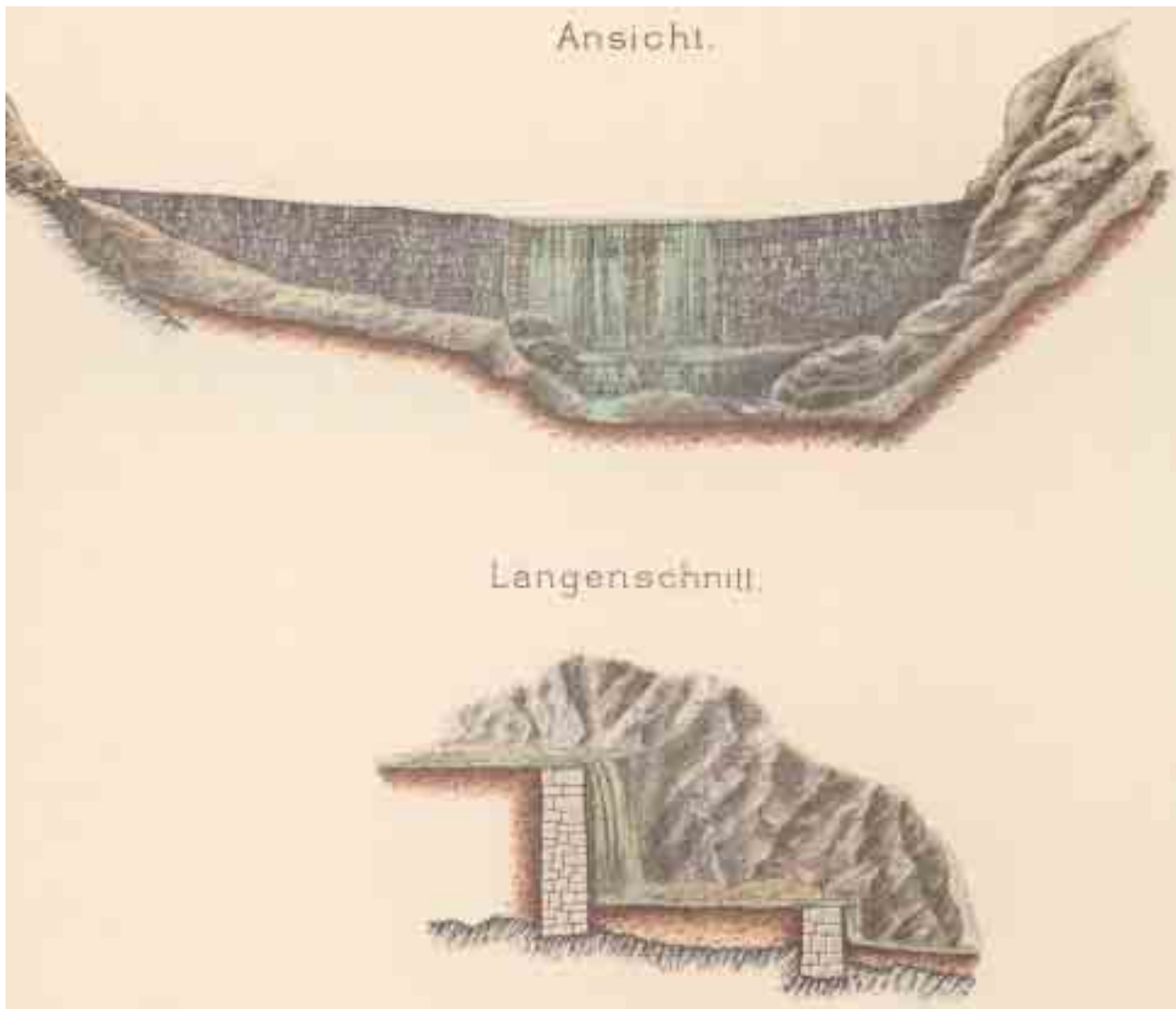


Fig. 165 Le barrage n° 1 sur la Nolla, achevé peu après 1870, vu en élévation et en coupe.

canton des Grisons. D'une durée de 60 ans, les travaux consistèrent à canaliser le fleuve de Cazis à Rothenbrunnen et à colmater les surfaces graveleuses libérées en utilisant les eaux de la Nolla. Elles étaient captées à Thusis et acheminées en quantités dosées sur les aires à colmater.

Au début, la Nolla se tint relativement calme. Sa crue de 1834 ne porta pas grand préjudice aux travaux de correction du Rhin postérieur. Mais La Nicca, qui s'était rendu compte du danger, s'occupa toujours davantage de ce torrent. C'est à juste titre qu'il imputa ses déferlements de matériaux solides à la dégradation rapide des parois de la gorge, qui générait par conséquent des débris. Déjà influencé par Duile, il pensa d'abord à des barrages pour juguler le phénomène (BISCHOFF 2002). Mais il n'y eut ni plan concret ni nouvelle crue de la Nolla dans un premier temps.

En 1854 Adolf von Salis (1818–1891) succéda à La Nicca au poste d'ingénieur en chef du canton des Grisons. En 1860, il projeta de construire une série de barrages en pierres sur la Nolla, mais Culmann émit un avis critique à ce sujet en 1864. Il pensait que ces ouvrages seraient trop onéreux, car les terrains de fondation étaient mauvais et les blocs nécessaires aux maçonneries manquaient sur place. Il recommanda plutôt de petits barrages en fascines, «non que nous les jugions meilleurs que les barrages massifs projetés, mais seulement parce que nous craignons que ces derniers ne soient jamais réalisés, alors que leur construction peut être considérée comme très urgente» (CULMANN 1864). Selon lui, il serait préférable d'attendre que la gorge soit quelque peu stabilisée avant d'y installer des barrages fixes, construits avec des caissons en bois.

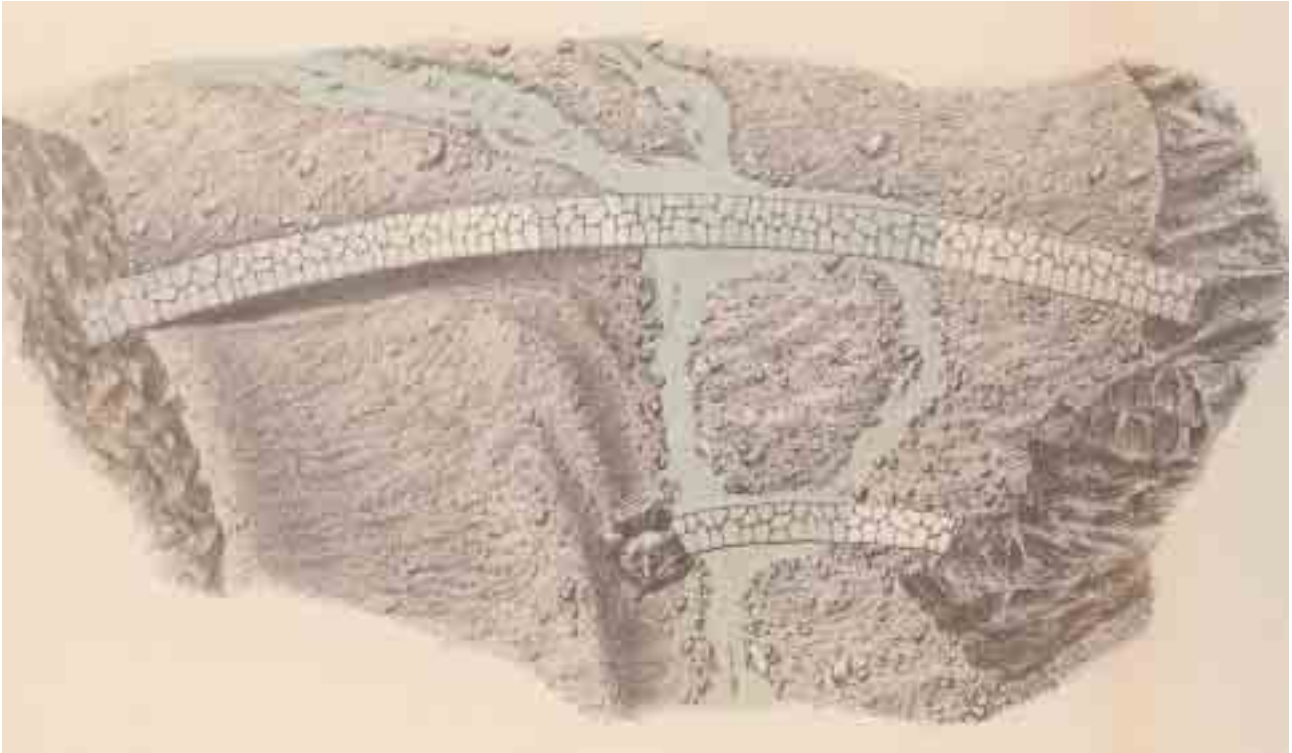


Fig. 166 Vue en plan du barrage n° 1 sur la Nolla.

C'est alors que la Nolla se manifesta de nouveau. Après une pause de plus de 30 ans, elle surgit si violemment de sa gorge en 1868, 1869 et 1870 que les mécanismes des anciennes crues se répétèrent à Thusis. La correction du Rhin postérieur en subit trois graves contrecoups consécutifs, si bien que von Salis et son projet trouvèrent cette fois un accueil favorable auprès du canton et de la Confédération. En 1870, il proposa de dresser 8 barrages en pierres de 15 à 30 m de hauteur dans la partie inférieure de la gorge de la Nolla (VON SALIS 1870). La construction des trois ouvrages inférieurs commença immédiatement, en utilisant des blocs extraits sur place. Lorsque deux des barrages eurent atteint leur hauteur finale de 15 et 16 m, en 1872, l'un d'entre eux s'effondra, miné par un phénomène d'affouillement. Aussi fut-il décidé de ne plus dépasser la hauteur de 12 m et d'assurer désormais la protection contre l'affouillement en recourant à des contre-seuils (BISCHOFF 2002). Les deux barrages restants étaient en maçonnerie sèche, légèrement incurvés dans le plan horizontal et dépourvus de fruit. Le plus grand avait une hauteur de 12 m, une largeur de 72 m et une épaisseur de 3,2 m. Remarquablement mince pour l'époque, il est toujours debout à l'heure actuelle (SCHNITZER 1992). Les autres grands barrages furent commencés ultérieurement – en même temps que de nombreux autres de petite taille dans la partie supérieure de la gorge –

et achevés jusqu'en 1902 (BISCHOFF 2002). Près de Tschappina, les mesures usuelles de stabilisation des pentes furent complétées par un canal collecteur en bois de 2,6 km. Il devait intercepter les ruisseaux latéraux, afin qu'ils cessent de détremper les versants et de favoriser ainsi les glissements de terrain (OBI 1892).

Adolf von Salis ayant été nommé inspecteur fédéral des travaux publics en 1871, les travaux réalisés entre 1871 et 1893 furent dirigés par Friedrich von Salis (1825–1901), le nouvel ingénieur en chef du canton des Grisons (VISCHER 2001b). La réussite fut bientôt au rendez-vous, car il n'y eut plus d'obstruction du Rhin postérieur. Mais les travaux sur la Nolla ne sont pas encore achevés à l'heure actuelle, à cause des instabilités de terrain qui affectent tout le bassin versant. En d'autres termes, la stabilisation du lit de la Nolla dans sa partie inférieure a permis d'atteindre assez rapidement de bons résultats. Mais la stabilisation du secteur supérieur et l'aménagement des ravins et des autres sources de détritux se prolongera encore longtemps.

En 1870 déjà, Adolf von Salis s'était exprimé de manière éloquent au sujet de ces travaux de longue durée: «Où un mal fouille aussi longtemps les entrailles de la montagne et où l'homme, par négligence et en donnant toute préférence au profit immédiat, a même favorisé celui-ci pendant des siècles, comme cela s'est

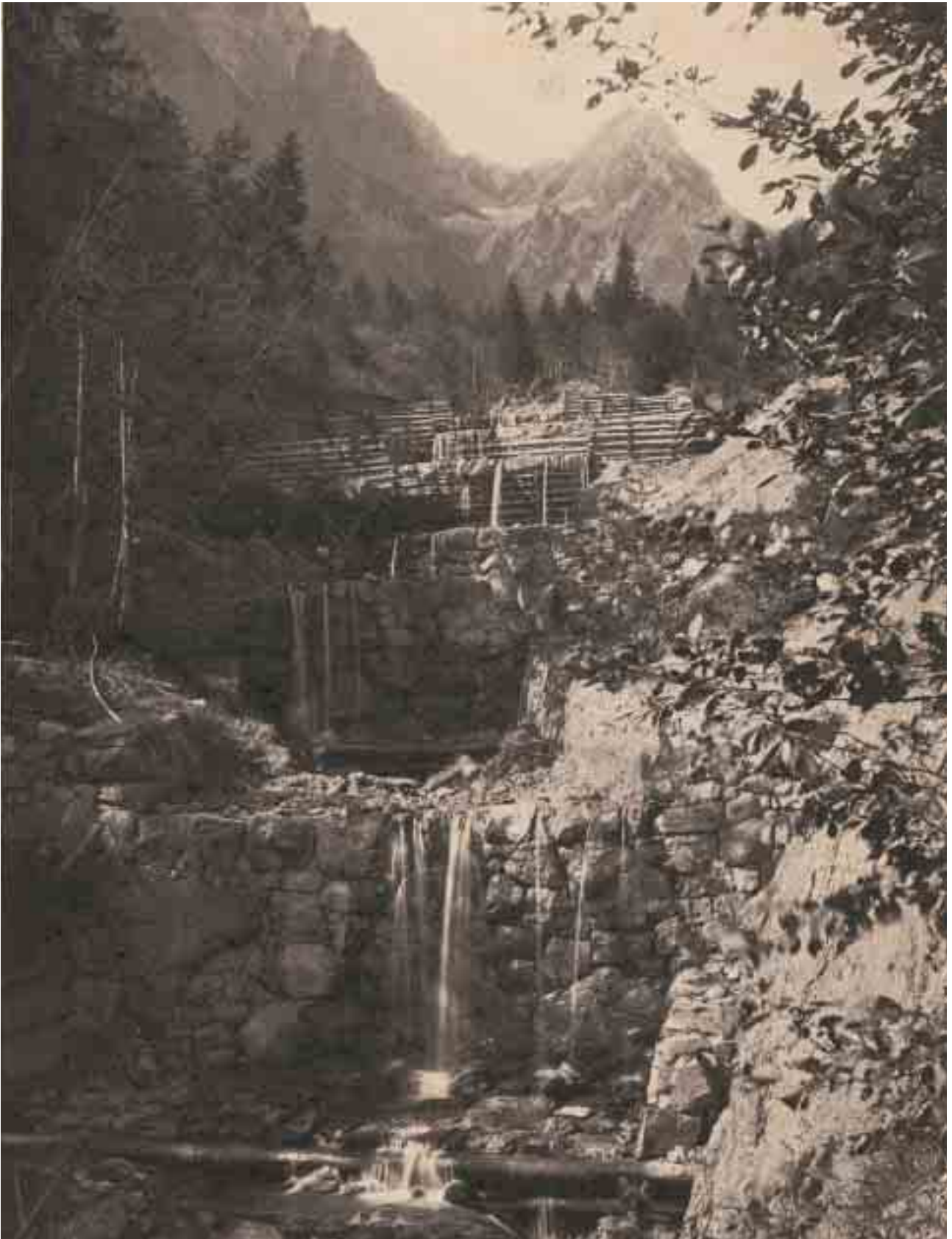


Fig. 167 Barrages sur le Steinibach, près de Hergiswil, en 1880.

passé ici et dans cent autres sites, où il a irrigué des pentes instables, déboisé sans ménagement et empêché le reboisement en faisant pâturer du bétail, on ne peut pas s'attendre à ce que les plaies se referment et à ce qu'une vie nouvelle surgisse tout de suite des affreuses ruines comme par un coup de baguette magique. Il y a lieu d'y réfléchir, au sujet de l'aménagement de la Nolla comme de l'assainissement des terrains en glissement et des torrents, afin de ne pas poser des exigences impossibles à satisfaire, ni nourrir de telles attentes» (VON SALIS 1870).

L'homme de la situation

En 1871, le Conseil fédéral nomma Adolf von Salis (1818–1891) au nouveau poste d'inspecteur fédéral des travaux publics. Il y résuma ses objectifs techniques au sujet de l'aménagement des cours d'eau dans une magistrale «Notice sur l'amélioration du régime des eaux d'après les principes appliqués en Suisse», qu'il fit connaître au plan international lors de l'Exposition géographique de Paris. Il y soulignait, à propos des torrents, qu'il fallait aussi s'efforcer de leur conférer une pente d'équilibre (section 3.3). Pour y parvenir, il recommanda le procédé nouveau, mais déjà éprouvé, qui consistait à construire des cascades de barrages dans les gorges. Il expliqua l'action exacte des barrages sur l'écoulement et sur le débit solide, et souligna le fait que leur effet ne peut être qu'éphémère si le bassin versant n'est pas stabilisé en amont, en construisant des ouvrages ou en recourant à des mesures sylvicoles. Et bien sûr, il indiqua également les mesures à mettre en œuvre sur les cônes de déjection et les chemins d'évacuation (VON SALIS 1875).

Von Salis assumait sa fonction pendant 20 ans, jusqu'à son décès en 1891. Il incarne en quelque sorte l'essor que connut à son époque la protection contre les crues basée sur des mesures de construction (chapitre 15). Un volume de l'Inspection fédérale des travaux publics paru en 1891 décrit l'état des aménagements de torrents en Suisse à la fin de sa carrière. Cet ouvrage comprend une compilation des travaux réalisés jusqu'alors avec l'aide de la Confédération. Ils concernent environ 160 torrents et l'on peut estimer globalement qu'environ 60 d'entre eux sont équipés de 1000 barrages de grande taille (OBI 1891).



Fig. 168 Début de la construction en ceintures selon Schindler, dans le profil en cuvette du tronçon-test de la Wiese, 1897.

13 Quelques critiques intéressants de l'establishment

13.1 Faut-il dévier d'autres rivières dans des lacs?

Si la déviation de la Lütchine dans le lac de Brienz au 12^e ou au 13^e siècle est certainement une légende (chapitre 5), les détournements ultérieurs sont bien réels: la Kander a été déviée dans le lac de Thoune de 1711 à 1714, la Linth dans le lac de Walenstadt de 1807 à 1816, l'Aar dans le lac de Biemme de 1868 à 1887 et la Melchaa dans le lac de Sarnen en 1880. Le but était d'utiliser les lacs pour recueillir les matériaux charriés et pour écrêter les crues.

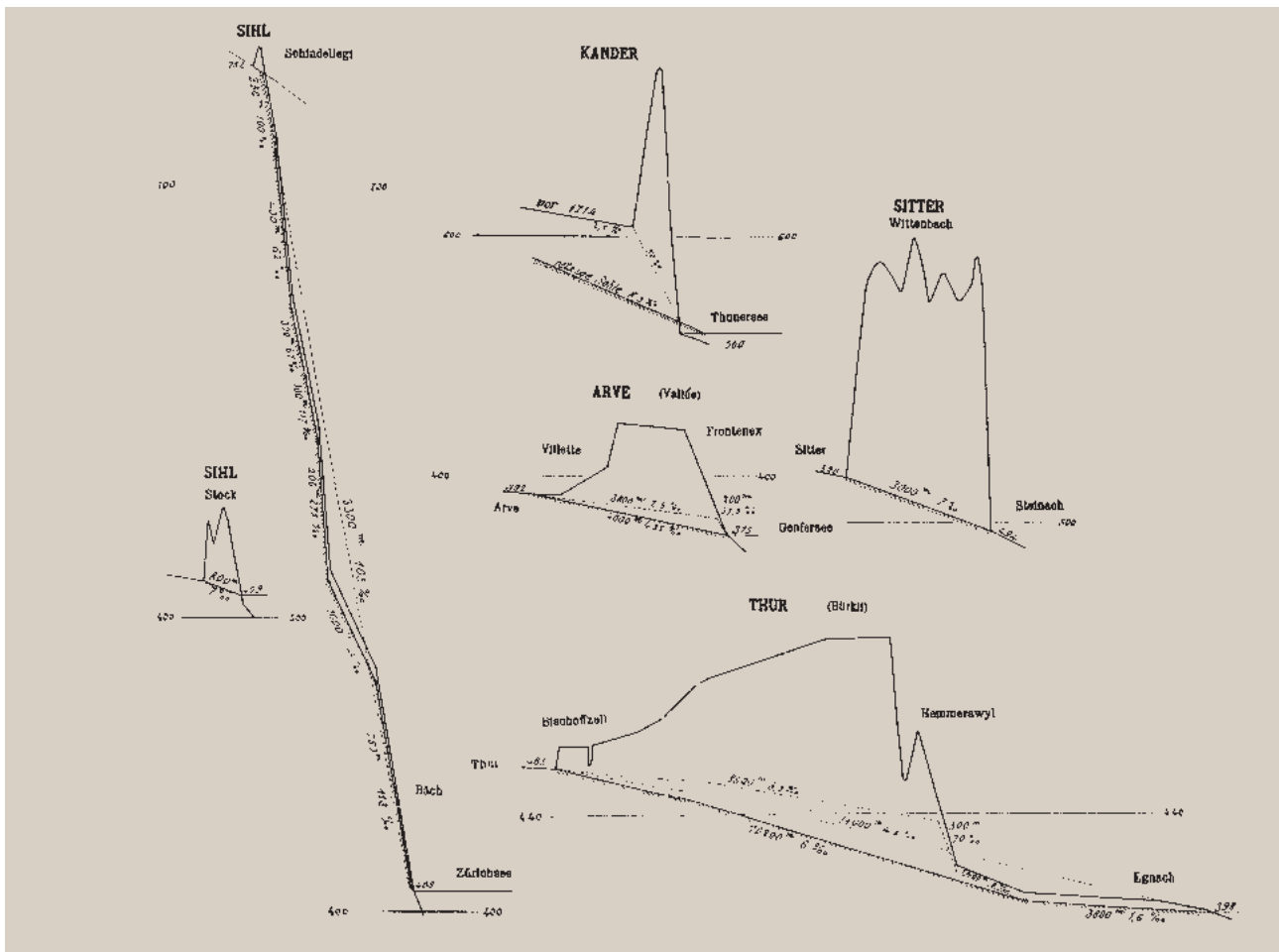
Il semble que les autres pays alpins n'aient pas connu de telles déviations. Les exemples cités ici sont donc typiquement helvétiques (VISCHEK 1995a). Mais pourquoi ces mesures ont-elles été mises en œuvre à quatre reprises seulement en Suisse? Un premier coup d'œil sur la carte du pays révèle que de nombreuses rivières se jettent déjà naturellement dans un lac:

- le Rhin alpin dans le lac de Constance;
- la Linth inférieure dans le lac de Zurich;
- la Lorze dans le lac de Zoug;
- l'Aa d'Engelberg, la Muota et la Reuss uranaise dans le lac des Quatre-Cantons;
- l'Aar du Hasli dans le lac de Brienz;
- la Broye dans le lac de Morat;
- le Rhône valaisan dans le lac Léman;
- le Tessin et la Maggia dans le lac Majeur, etc.

Il n'a donc pas été nécessaire de les détourner dans le but invoqué plus haut. Mais un second coup d'œil révèle d'autres possibilités.

Karl Bürkli (1823–1901) de Zurich a sans doute eu un tel regard. D'abord tanneur, il déploya ensuite une activité très variée et fut surtout connu comme pionnier du socialisme et des coopératives de consommateurs. Il occupa durablement les autorités de la ville et du canton de Zurich avec ses pétitions et ses articles de presse percutants, mais aussi avec ses idées de

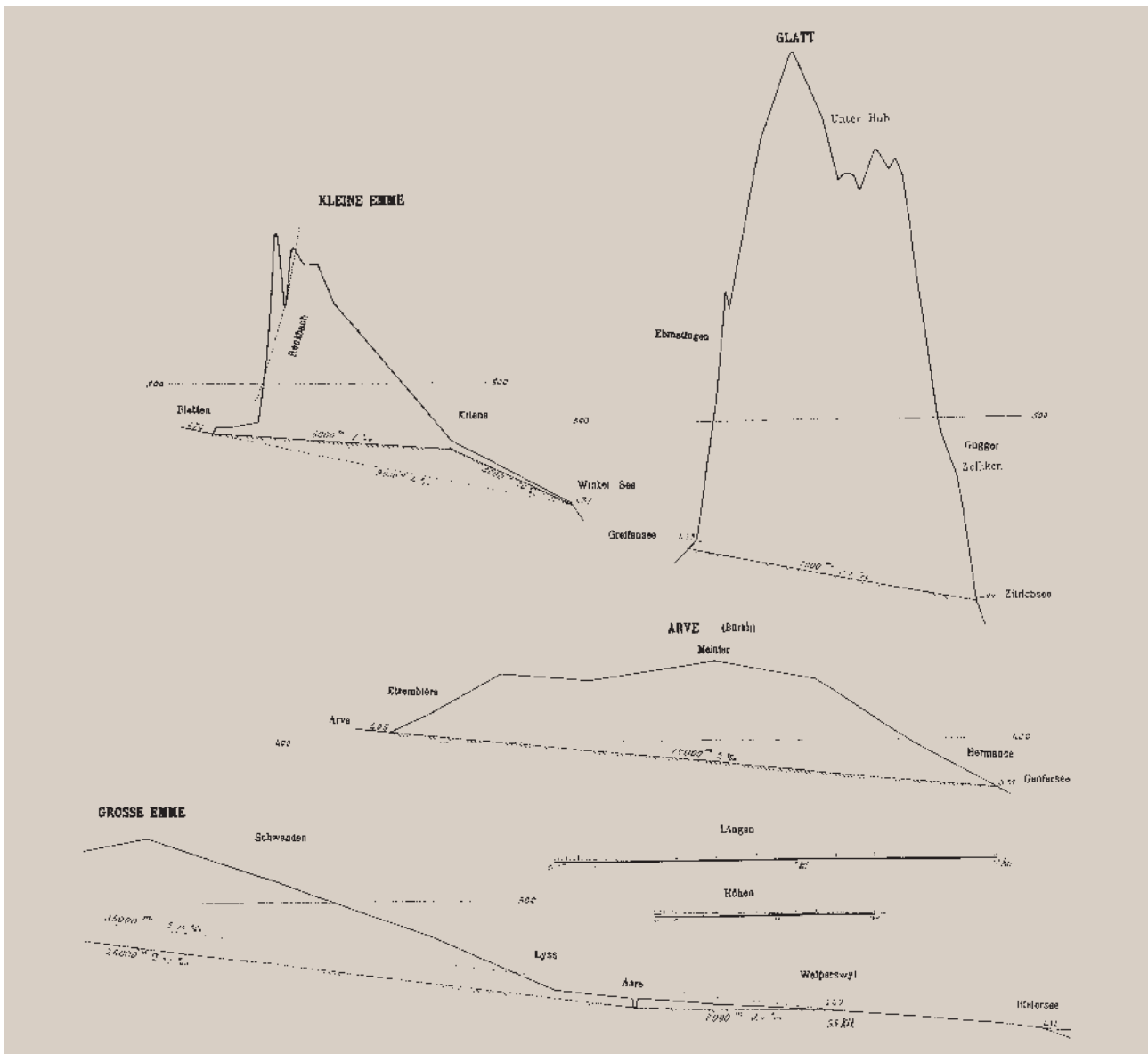
Fig. 169 Quelques propositions de Karl Bürkli pour dévier des rivières, par comparaison avec la déviation de la Kander. Profils en long dessinés par von Muralt, 1880 (hauteur exagérée d'un facteur 50).



nouvelles déviations de rivières. Il proposa de dévier la Sihl dans le lac de Zurich en 1865 déjà, soit avant le début des chantiers visant à détourner l'Aar et la Melchaa. Sous le titre «Flusssanierungen, aber solche die helfen» (Des assainissements de rivières, mais qui soient utiles), il esqua une série de déviations audacieuses, voire utopiques, dans les années 1870 (VON MURALT 1880), soit de:

- la Sitter dans le lac de Constance, depuis Wittenbach;
- la Thur dans le lac de Constance, de Bischofszell à Egnach ou de Kradorf à Salmsach;
- la Glatt dans le lac de Zurich, du Greifensee à Zollikon;
- la Petite-Emme dans le lac des Quatre-Cantons, de Blatten (près de la sortie du Renggloch) à Lucerne, en passant par Kriens;
- la Grande-Emme dans le lac de Biemme, depuis Berthoud et en passant par Lyss et la coupure de Hagneck;
- l'Arve dans le lac Léman, d'Etrembières (près d'Annemasse) à Hermance ou juste à l'est de Genève, de Villette à Frontenex, une proposition qu'un ingénieur français avait déjà formulée en 1857 (section 14.5).

Fig. 170 D'autres propositions de Karl Bürkli pour dévier des rivières.



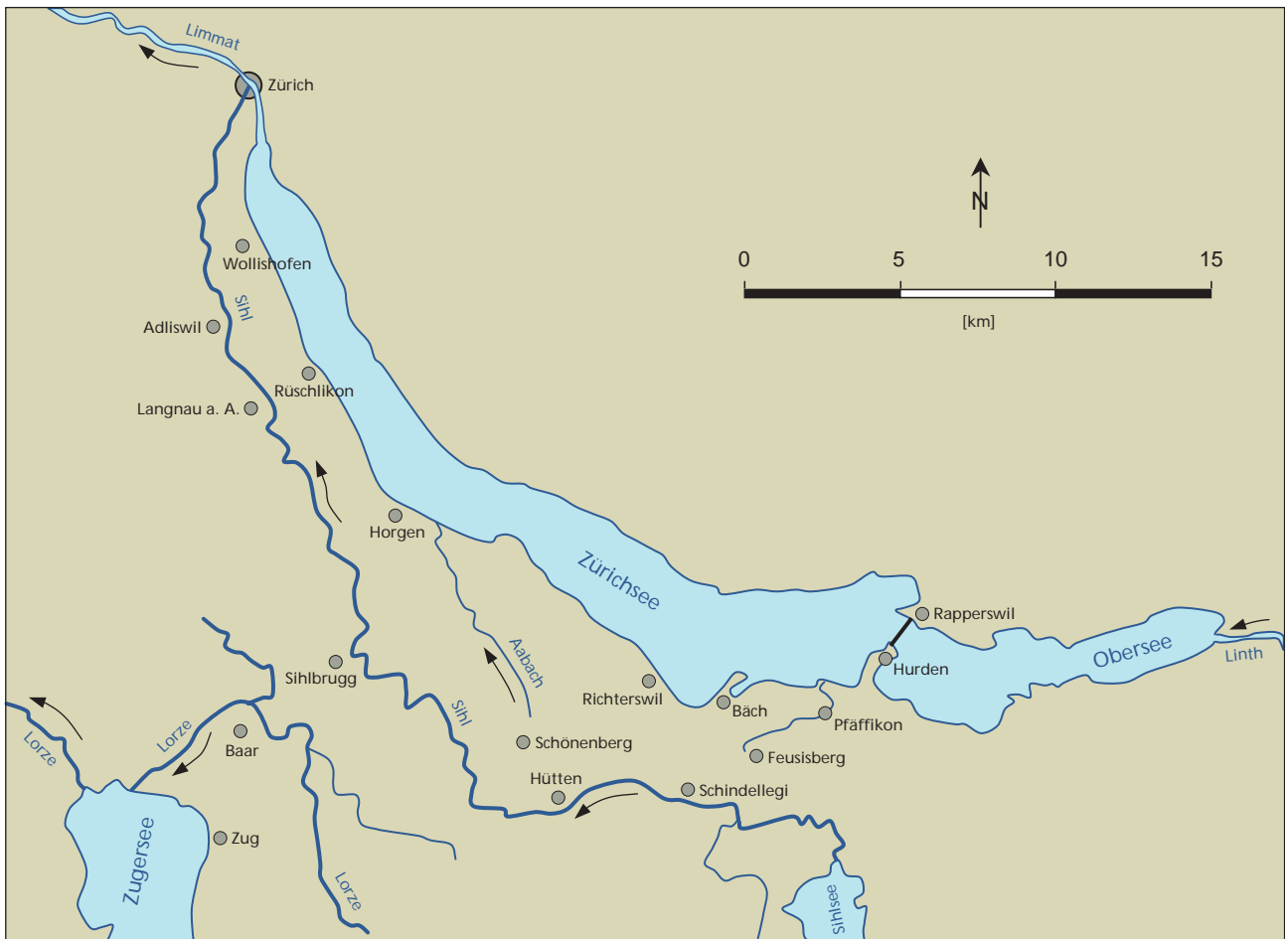


Fig. 171 Situation actuelle de la Sihl, suggérant les possibilités de déviation: de Schindellegi, Hütten, Langnau ou Wollishofen dans le lac de Zurich ou de Sihlbrugg dans le lac de Zoug.

Outre la protection contre les crues, il visait à promouvoir l'utilisation de l'énergie hydraulique. C'est ainsi qu'il suggéra de transférer une partie des eaux du Rhin alpin dans le lac de Walenstadt afin d'améliorer le potentiel d'exploitation de la Limmat en période sèche.

Alors qu'il était député au Grand Conseil, Bürkli déposa en 1876 une motion concernant les projets qui touchaient le canton de Zurich, soit les déviations de la Sitter ou de la Thur dans le lac de Constance, de la Sihl dans le lac de Zurich et de la Petite-Emme dans le lac des Quatre-Cantons. Le gouvernement zurichois fit examiner la question par son ingénieur cantonal Kaspar Wetli (1822–1889). Celui-ci fit remarquer dans son rapport de 1877 que les besoins de protection du canton n'étaient pas très importants le long de la Thur et de la Reuss. Il n'y avait donc pas lieu de s'engager sur ces rivières alors que les corrections onéreuses de la Töss et de la Glatt étaient en cours. En revanche, la ville de Zurich en plein essor souffrait d'un déficit de protection vis-à-vis de la Sihl,

qu'il fallait absolument prendre au sérieux.

Comme le texte de la motion prévoyait une déviation de la Sihl à Schindellegi, Wetli examina cette variante d'un peu plus près. On pouvait effectivement y détourner la rivière et la diriger vers le lac de Zurich, en franchissant la ligne de partage des eaux, sans consentir de grandes dépenses. Mais Wetli perçut les difficultés suivantes:

- Le canal de Schindellegi à Bäch, raide et long de 4 km, devrait être protégé contre l'érosion, donc fortement consolidé sur toute sa longueur; aussi coûterait-il cher.
- En période de crue, le lac de Zurich dépasserait encore plus le niveau dommageable si son exutoire n'était pas amélioré; cette opération impliquerait le démantèlement des moulins et de leurs passerelles, ainsi que des dragages dans la banlieue de Zurich, ce qui serait onéreux, mais offrirait une chance d'embellir la ville avec de nouveaux quais sur les bords de la Limmat et du lac.

- Le gain d'énergie hydraulique escompté par le moutonnaire est illusoire; l'écoulement de la Sihl serait certes égalisé en passant dans le lac de Zurich, ce qui bénéficierait aux usines situées sur la Limmat, mais il faudrait abandonner en contrepartie une série d'usines sur la Sihl.

Suite à cet avis, le Conseil d'Etat ne souhaita plus avancer dans cette affaire (REGIERUNGSRAT ZH 1877). En 1897, Bürkli, alors membre du Conseil général de la ville de Zurich, déposa une requête auprès du Conseil communal, en lui demandant d'examiner cinq tracés de déviation de la Sihl aux plans technique, financier et juridique:

- de Sihlbrugg, vers la Lorze à Baar, puis dans le lac de Zoug;
- de Schindellegi vers le Staldenbach en passant par Feusisberg, puis dans le lac de Zurich par Pfäffikon ou dans le lac Supérieur par Hurden;
- de Hütten vers l'Aabach en passant sous Schönenberg, puis dans le lac de Zurich à Käpfnach près de Horgen;
- de Langnau dans le lac de Zurich à Rüschtikon, en empruntant une galerie;
- d'Adliswil ou des environs de Wollishofen dans le lac de Zurich, en empruntant une galerie.

Pour traiter la requête, le Conseil communal nomma une commission d'experts comprenant trois membres, dont le célèbre professeur de géologie Albert Heim (1849–1937). Elle rejeta tous les tracés en invoquant à peu près les mêmes arguments que Wetli 20 ans auparavant, mais en usant de termes plus percutants. Elle affirma notamment que des gorges se développeraient sous l'effet de l'érosion, comme lors du détournement de la Kander, si l'on omettait de consolider fermement les tronçons déviés. Elle estima que seule la construction d'une galerie d'évacuation de crue en contrebas de Langnau ou d'Adliswil pouvait s'avérer pertinente, mais la jugea trop onéreuse. Par ailleurs, elle recommanda de poursuivre le projet de centrale hydroélectrique, qui fut finalement aménagée – avec le Sihlsee – sous le nom d'Etzelwerk de 1932 à 1937. Il devait permettre d'acheminer au moins une partie des eaux de la Sihl de manière contrôlée dans le lac de Zurich.

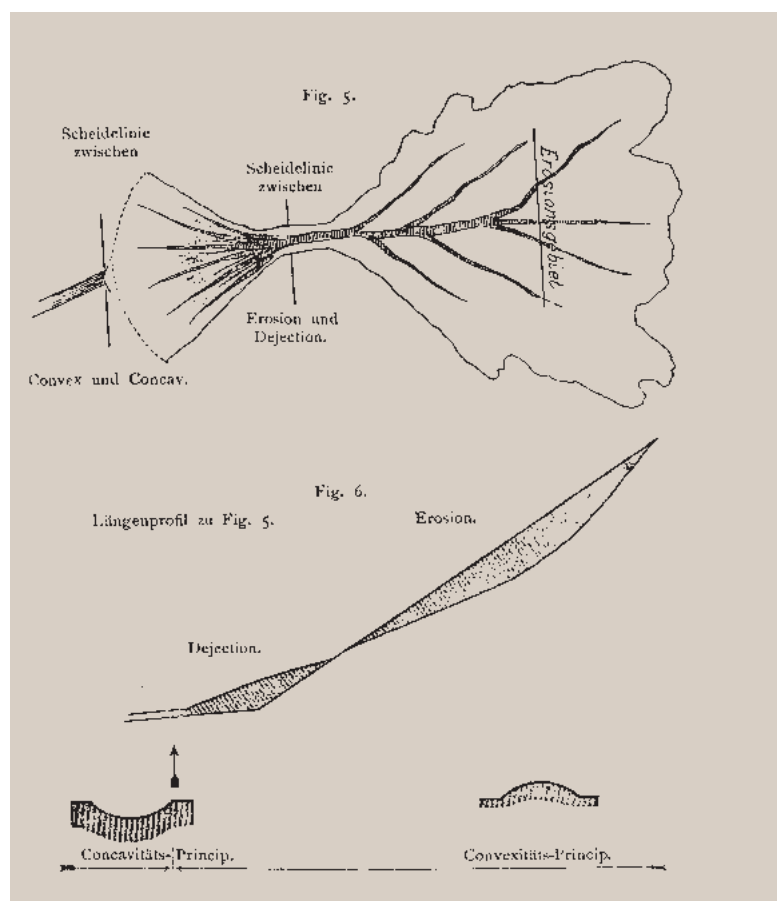
Là-dessus, Bürkli rédigea une longue et vive réplique. Il précisa d'abord qu'il visait à évacuer les crues de la Sihl et non à la détourner complètement. Mais il n'en souligna pas moins l'avis d'un autre Zurichois qui avait formulé cette exigence pour des raisons d'aménagement urbain: «Toute la Sihl, la tranquille comme la sauvage, doit passer hors de la ville!»

Aujourd'hui, on ne parle presque plus de ces projets. Mais les archives comprennent deux rapports attestant que l'idée d'acheminer les crues de la Sihl dans le lac de Zurich par une galerie d'évacuation fut réactivée en 1962 et en 1971. Le premier, élaboré dans le cadre de la planification routière dans le secteur de la Sihl à Zurich, confrontait deux projets d'évacuation des crues, l'un à partir de Schindellegi et l'autre de Leimbach, le second ayant finalement sa préférence. L'autre rapport, inhérent à l'étude d'une variante pour le réseau urbain de routes rapides «Y plus», prévoyait également une galerie reliant Leimbach au lac de Zurich en passant sous Wollishofen.

13.2 Un principe de modelage guidé par une philosophie de la nature?

Arnold Schindler (1829–1913) de Mollis était un chimiste qui se déclara autodidacte en aménagement

Fig. 172 Le principe de convexité et de concavité selon Schindler, 1888: segmentation du cours des torrents.



fluvial à partir des années 1870 (GOLDER 1991). Il rédigea en 1878 un document qui comprenait une remise en question fondamentale de l'aménagement des cours d'eau et des ouvrages en torrent préconisés par les spécialistes. Trouvant parfois un accueil favorable, il se vit confier quelques mandats d'assainissement. Mais il suscita généralement des oppositions, ce qui stimula sa combativité et l'incita à rédiger d'autres écrits, parfois à caractère polémique. Cette évolution se reflète dans leurs titres (traduits ici en français):

- Les causes des crues et les moyens de lutter contre elles, 1878;
- L'aménagement des torrents et des rivières selon les lois de la nature, 1888;
- L'aménagement des cours d'eau et les finances fédérales – ou comment épargner des millions? Un ultimatum technique, 1899;
- Une rétrospective historique sur 35 ans de lutte dans le domaine de l'aménagement des cours d'eau, 1905;
- Faits bruts permettant de juger de la question: l'«art» fédéral officiel de l'aménagement des cours d'eau peut-il encore se justifier sur la base de ses résultats au vu du budget de l'Etat, au vu de la science et au vu d'un avenir menaçant?, 1908;
- Catéchisme de la guérison de l'érosion, de la consolidation des zones de coulées et de la correction des cours d'eau, probablement 1911.

Cette liste non exhaustive devrait être complétée par quelques articles de Schindler sur ses projets. Il a essentiellement propagé:

- une certaine théorie géomorphologique;
- la réalisation de chenaux de section convexe dans le tronçon supérieur des cours d'eau;
- l'application de sections concaves dans le cours inférieur; et
- le pieu de bois immergé comme élément de construction universel.

Les développements qui suivent se réfèrent surtout aux deux premiers ouvrages cités (SCHINDLER, A. 1878 et 1888).

La théorie géomorphologique prônée par Schindler déclarait que toutes les élévations naturelles s'étaient présentées au début comme des bosses arrondies sur la surface terrestre. La destruction de la forme convexe originelle serait essentiellement imputable à l'action de l'eau. Elle aurait agi dans de petites irrégularités provoquées par la nature ou par l'être humain. Une «bosse» intacte serait résistante à l'érosion par essence.

Schindler en concluait qu'on devait lutter contre l'érosion dans le bassin versant des cours d'eau en restaurant les surfaces convexes, toute autre solution étant fautive. C'est pourquoi il décrivait la formation des cônes d'alluvions naturels comme étant un processus autorégénérateur mis en œuvre par la nature, et un exemple pour les interventions humaines. Aussi préconisait-il de conférer une section convexe même aux moindres ravins du bassin versant, en les aménageant de manière appropriée. L'écoulement se répartirait sur cette section et y perdrait sa force érosive. Ainsi, les ravins, comblés rapidement par de petits cônes d'alluvions, cesseraient de libérer des matériaux sous l'effet de l'érosion.

Schindler plaçait logiquement la limite aval du tronçon supérieur des cours d'eau le long du bord aval du plus grand cône de déjection naturelle. Selon lui, c'est là que commençait le cours inférieur, à travers lequel il fallait acheminer les eaux le plus rapidement et avec le moins de dégâts possible. La «normalité de la nature» y consistait alors en un chenal tendu au maximum et de section concave. L'argumentation hydraulique don-

Fig. 173 Le système Schindler: réalisation d'une section convexe dans un ravin en disposant des pieux encastés.

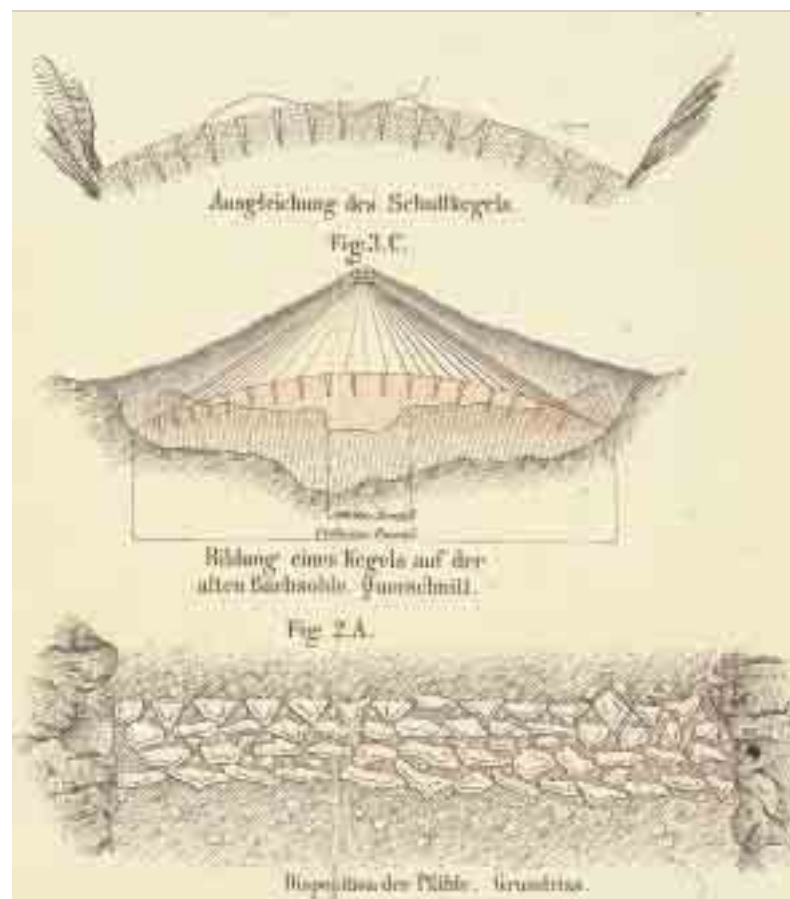




Fig. 174 Le système Schindler: «Formation de cônes d'alluvions». Des rangées de pieux sont combinées avec des enrochements pour former des «ceintures».

née par Schindler est difficile à suivre. Mais il est clair qu'il visait à ce que le lit des ruisseaux et des rivières soit stable même dans des matériaux meubles. Aussi préconisait-il une section de forme correspondant à celle des cours d'eau naturels – elliptique, semi-circulaire ou parabolique –, mais avec des berges plates.

Pour réaliser ses idées, Schindler recommandait le pieu de bois encastré comme élément de construction universel. Tant les sections convexes que les sections concaves devaient être déterminées par des séries de pieux battus, généralement disposées perpendiculairement à la direction de l'écoulement. Les têtes de pieux devaient finalement affleurer le fond du lit – elles ne devaient donc pas dépasser dans le courant. L'effet stabilisateur des rangées de pieux pouvait être renforcé si nécessaire par des blocs placés entre les têtes de pieux. Par principe, Schindler n'admet aucun autre mode de construction. Il réfuta aussi bien les clayonnages que les ouvrages de chute. Quant aux barrages en torrent, il les trouvait pertinents tout au plus dans les gorges rocheuses étroites. Il ne voulait pas entendre parler de sections rectangulaires ou trapézoïdales. Il n'y a donc rien de surprenant à ce qu'il ait essuyé des critiques émanant de spécialistes, même à l'étranger. On trouve des avis mesurés à ce sujet dans BVIA (1889) et WANG (1903).

Un essai du canton de Bâle sur la Wiese, où le «système Schindler» fut mis en œuvre en 1897 sur un tronçon de 500 m selon ses plans et sous sa surveillance, fut suivi avec d'autant plus d'attention. Au début, tout se passa bien. Puis il y eut des différends entre Schindler et la direction des travaux. Enfin, une crue survenue peu après l'achèvement du chantier causa diverses érosions notables dans les berges et le fond du lit. Il en résulta d'importants surcoûts. Mais l'ingénieur cantonal bâlois déclara ce qui suit dans leur justification (GOLDER 1991): «De par sa continuité, la forme du profil de Schindler est préférable au profil double (prévu initialement). Mais sa partie centrale n'a pas été construite assez solidement pour résister aux conditions régnant sur la Wiese, cette rivière de forte pente au lit très mobile. Les séries de pieux sont trop faibles, les ouvrages en bois tantôt mouillés, tantôt au sec se détériorent après quelques années et le gazon planté sur le dispositif ne parvient pas à résister aux assauts de l'eau et des matériaux charriés. C'est pourquoi la partie centrale du profil doit être construite plus solidement.» Mais, par comparaison avec le profil en cuvette de Schindler, un profil double réalisé 40 ans auparavant de manière conventionnelle sur la même rivière avait parfaitement résisté. C'est pourquoi le système Schindler

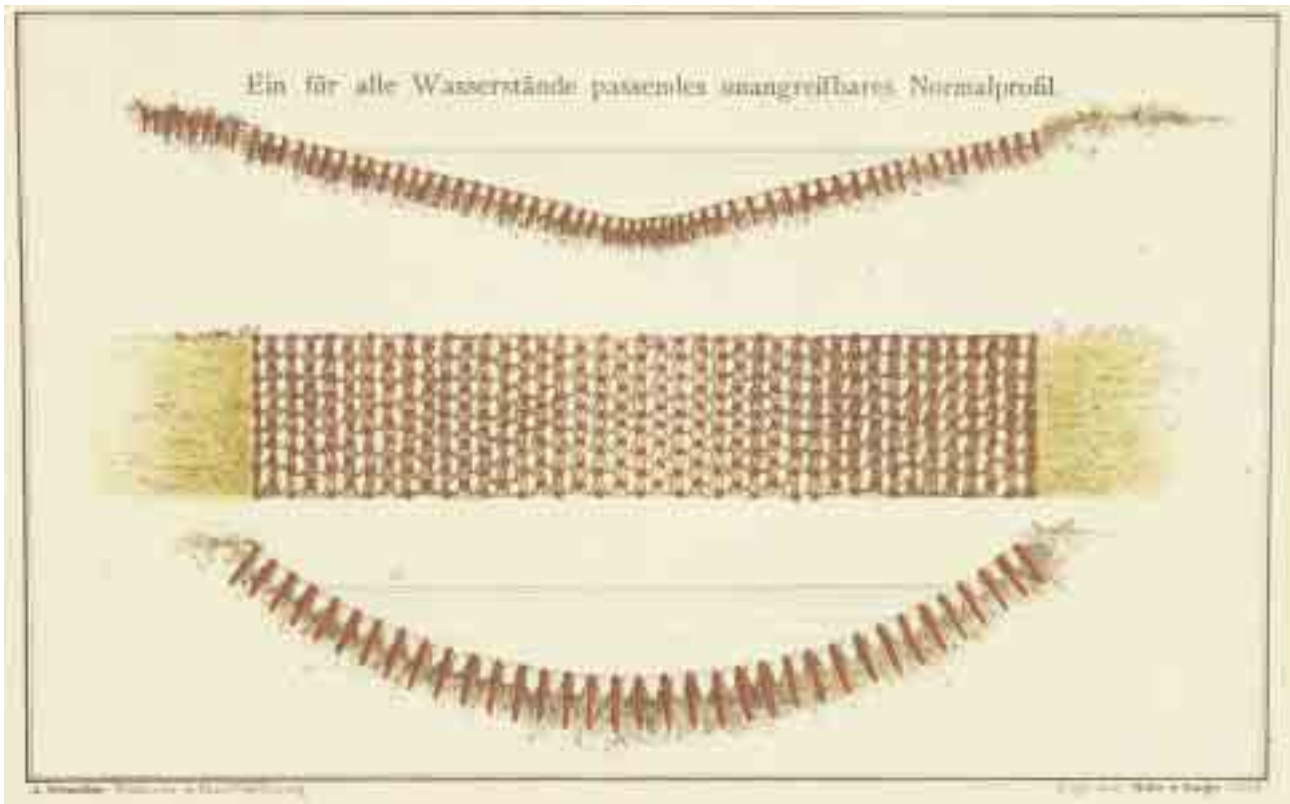


Fig. 175 Le système Schindler: une section de rivière en cuvette et un mode de construction en ceintures.

ne fut plus pris en considération lors de la poursuite des travaux d'aménagement.

Schindler essaya en vain de se défendre contre l'interruption de ce test, car une prime était en jeu, outre son honneur. Promise par le Département fédéral de l'intérieur – l'inspecteur fédéral des travaux publics Albert von Morlot (1846–1931) avait manifesté un grand intérêt pour l'essai –, elle ne devait être versée qu'en cas de réussite. Il s'avéra que Schindler s'était pénalisé lui-même en faisant partout dépendre son système de l'utilisation du pieu encastré, c'est-à-dire même dans la partie inférieure des cours d'eau. De fait, on pourrait réaliser un profil en cuvette, tel qu'il le préconisa et qui convint semble-t-il à d'autres, en recourant à des éléments de construction plus robustes. Proposé à maintes reprises par la suite, il connaît même une nouvelle actualité dans la revitalisation des cours d'eau corrigés.

13.3 Un cours rectiligne ou sinueux?

Par son célèbre précepte de 1812 «Une rivière ou un fleuve n'a besoin que d'un lit» (section 2.1), Johann Gottfried Tulla (1770–1828) entendait ce qui suit à propos d'un cours corrigé: «Il y a lieu de le maintenir

aussi rectiligne que possible, afin d'assurer un débit de crue régulier, de pouvoir préserver les berges, de permettre à la rivière de creuser son lit, c'est-à-dire d'abaisser le niveau d'eau, de telle sorte que les terrains ne soient plus submergés.» Tulla donnait donc la préférence à un cours rectiligne par rapport à un tracé sinueux, comme les autres spécialistes de son temps. Ce point de vue inaugura en quelque sorte l'ère des rectifications de cours d'eau.

Il se justifiait par la répartition des vitesses dans une masse d'eau en mouvement. Depuis l'invention du moulinet de Woltman, vers 1790, on pouvait la mesurer et confirmer l'expérience des bateliers: dans les tronçons rectilignes, le courant est le plus fort au milieu de la rivière et le plus faible au bord; dans les courbes, la vitesse maximale se trouve contre la berge externe et la vitesse minimale du côté interne! On en tirait que la berge des parties rectilignes est moins soumise à l'érosion que la rive externe des courbes. La protection et l'entretien des berges devraient donc être moins onéreux sur un tronçon rectiligne. Mais cette thèse fut remise en question, sans doute déjà au milieu du 19^e siècle: sur un tronçon rectiligne, il faut consolider les deux berges en continu, tandis qu'on peut laisser à elles-mêmes les rives internes des cours d'eau

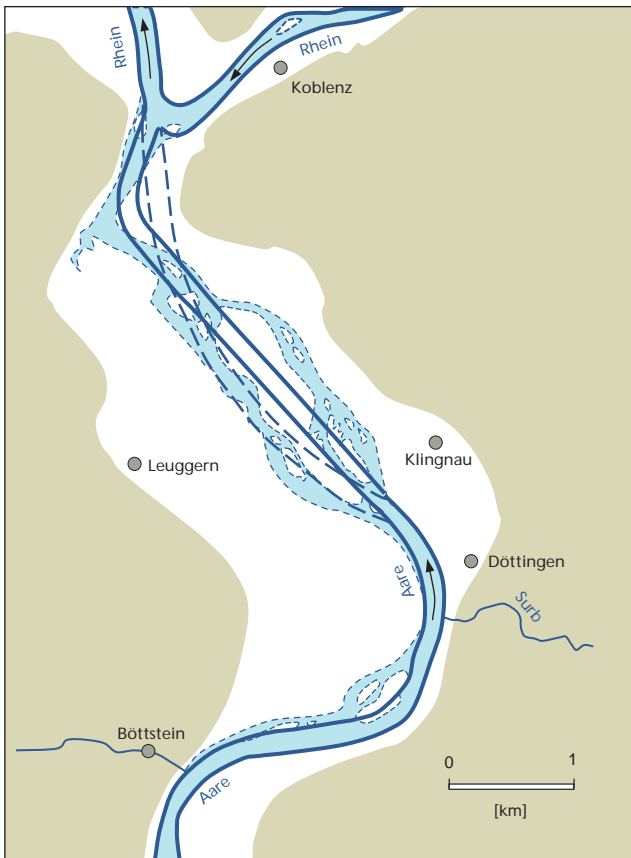


Fig. 176 Correction de l'Aar de Böttstein au Rhin, avec le projet officiel (traits continus), l'idée de Mühlberg (traitillés) et le cours de 1886 (bleu).

sinueux. Il pourrait en résulter d'importantes économies.

Il n'aurait pas été si difficile de comparer les deux approches en confrontant les frais qu'elles induisent. Et le résultat aurait probablement divergé quelque peu entre les rivières de plaine et de montagne. Mais il semble qu'on n'ait réalisé aucune étude de ce genre. Cela est notamment dû au fait que la protection des berges revêtait un caractère empirique. On ne disposait d'aucune formule, par exemple pour dimensionner un enrochement, si bien que la discussion prenait rapidement un tour idéologique: «tout droit, c'est bon; sinueux, c'est mauvais!» Ou inversement.

Le premier inspecteur fédéral des travaux publics, Adolf von Salis (1818–1891), intervint également dans la discussion. Se basant sur diverses expériences, il conclut un exposé dans son ouvrage magistral de 1884 par la remarque suivante: «L'auteur est donc d'avis qu'il y a lieu d'appliquer si possible des lignes droites, ou sinon des courbes de rayon aussi grand que possible» (VON SALIS 1884). Il est d'autant plus étonnant qu'il se soit laissé surprendre, voire provoquer, en 1887 par une proposition de telle courbe à grand rayon.

Le géologue renommé Friedrich Mühlberg (1840–1915) d'Aarau avait dû critiquer le projet officiel de correction de l'Aar de Böttstein au Rhin lors d'une assemblée de la société zurichoise des ingénieurs et architectes. Ce projet prévoyait de construire, en aval de Döttingen, une ligne droite de 3 km suivie d'une courbe de 750 m de rayon. Or Mühlberg souhaitait que ce tronçon soit remplacé par une seule courbe de 3500 m de rayon. Il se basait sur ses observations des rivières argoviennes qui, partout, «suivent des tracés de courbure similaire, soit de leur propre fait, soit suite à une correction». Il fut notamment soutenu par le professeur Albert Heim (1849–1937) dans l'opinion qu'aucune protection particulière n'était dès lors nécessaire sur la berge interne (ZIA 1887). Von Salis, qui avait entendu parler de cette intervention, aiguïsa aussitôt sa plume: dans un avis de trois pages accompagné d'un plan de situation qui fut publié dans la Revue polytechnique suisse (*Schweizerische Bauzeitung*), il reprit sèchement les assertions effectives ou présumées de Mühlberg. Après avoir rappelé les thèses connues de l'hydromécanique, il fit état d'une nouvelle expérience acquise lors de la correction du Rhône: dans les inévitables courbes, il avait fallu aménager les berges internes, en sus des rives externes. Dans sa conclusion, von Salis laissa même entendre que Mühlberg avait la prétention de vouloir changer «des principes essentiels de l'hydraulique» (VON SALIS 1887a).

La réplique écrite de Mühlberg fut presque aussi prolixe. Il y qualifia sans ambages les explications de von Salis sur la question du tracé d'«assertions contre nature». Pour témoigner en sa faveur, il fit appel à l'«auteur aussi expérimenté en théorie et en pratique du grand manuel de construction hydraulique Hagen» et signala – avec délectation – que l'inspecteur fédéral des travaux publics préconisait lui-même la possibilité d'aménager des courbes à grand rayon. Or il était justement question d'une telle courbe. La dispute porta également sur d'autres points (MÜHLBERG 1887).

Qu'avait donc écrit Gotthilf Hagen (1797–1884) de Königsberg? L'affirmation reprise dans le débat se trouve dans son ouvrage sur les rivières: «Du fait que les berges concaves (externes) sont exposées aux assauts les plus vigoureux du courant, leur protection est la plus difficile, mais aussi la plus nécessaire. Il est plus aisé de préserver les berges rectilignes, ou plus précisément celles qui se trouvent sur un tronçon parfaitement rectiligne, où les filets d'eau se meuvent parallèlement à la berge, sans être poussés contre elle. Si enfin la berge est convexe (rive interne), les assauts de l'eau auxquels elle est soumise sont si faibles que non seulement l'on ne doit rien faire pour la préserver,

mais que l'extension et l'exhaussement ultérieurs de la rive se produisent même habituellement d'eux-mêmes, surtout si la berge opposée se démantèle. Il n'est pas rare que l'on soit obligé d'enrayer cette extension et de détruire la végétation qu'elle favorise. Il en résulte déjà que les principales difficultés rencontrées pour préserver les rives peuvent être évitées dès lors qu'on introduit des lignes de berges régulières, dépourvues de courbures particulièrement saillantes» (HAGEN 1844). La tentative de Mühlberg visant à extraire de ce passage une antithèse à la correction des rivières n'est donc pas très convaincante.

Von Salis ne répondit pas à Mühlberg sous la même forme, mais dans une brève notice. Il y souligna le fait que la controverse se concentrait fondamentalement sur la question de savoir «si la courbure des lignes recelait vraiment un facteur naturel à prendre en compte au plan technique, dans l'intérêt économique de la construction et de l'entretien des corrections de cours d'eau». Puis il formula l'espoir que de nouveaux relevés, plus exhaustifs, sur la morphologie des cours d'eau, effectués par l'Inspection fédérale des travaux publics, fournissent bientôt des indications concrètes sur cette question (VON SALIS 1887b). En tout état de cause, la correction de l'Aar de Böttstein au Rhin fut réalisée entre 1886 et 1902 selon le projet officiel. Mais, ironie du sort, le tronçon litigieux disparut dans les années 1930 sous les eaux du lac artificiel de Klingnau.

Aujourd'hui, on ne réaliserait pas cette correction de l'Aar selon les vues de von Salis. Il s'est avéré depuis lors que des bancs d'alluvions se formaient dans de nombreux tronçons rectilignes de rivières suisses et se déplaçaient à gauche et à droite le long des berges. Le courant oscille entre ces bancs et ne se déplace pas parallèlement aux rives, comme on le pensait autrefois. C'est pourquoi les tronçons de rivières rectilignes nécessitent aussi des protections relativement solides et continues. Mais le choix d'une courbure à grand rayon, telle que préconisée par Mühlberg, n'aurait de toute façon pas changé grand-chose. On devrait plutôt prévoir un cours légèrement sinueux avec des rayons inférieurs, tels que ceux qui figuraient dans le projet officiel de correction de l'Aar en amont et en aval des tronçons rectilignes.



Fig. 177 Régularisation du lac de Brienz. Vue des «écluses supérieures». Ce barrage de régularisation équipe le bras gauche de l'Aar à Interlaken. Doté de vannes levantes en bois, il a été mis en service en 1856 et remis à neuf à plusieurs reprises. Vue vers l'amont de l'Aar. Photo B. Etter, 1994.

14 Protection contre les hautes eaux des lacs

14.1 Buts de la protection contre les hautes eaux et solutions

Aux abords d'un lac, la protection contre les hautes eaux poursuit en principe trois buts:

- protéger les riverains en amont contre un refoulement dommageable des eaux du lac dans ses affluents;
- protéger les riverains contre les débordements du lac et les émergences d'eaux souterraines;
- protéger les gens et les tronçons situés en aval contre les inondations dues au débit de l'effluent.

Si l'on fait abstraction de mesures telles que limitation du débit entrant et surélévation des rives, les deux premiers buts requièrent d'abaisser le niveau de hautes eaux du lac au-dessous du seuil des dommages. Pour cela, il faut élargir ou approfondir son effluent. Le troisième but peut être atteint de deux façons. Soit on aménage l'effluent et tous ses points critiques en aval du lac de manière à garantir le passage de l'écoulement maximum, ce qui revient à opérer une correction fluviale. Soit on limite le débit sortant du lac à une valeur sans danger, en rétrécissant ou en surélevant

l'effluent. Mais on débouche alors sur une contradiction: l'effluent doit être tout à la fois élargi ou approfondi et rétréci ou surélevé. La seule façon de lever l'antinomie, ou du moins de l'atténuer, consiste à installer un ouvrage de régularisation dans l'effluent élargi ou approfondi au préalable. Un tel barrage donne le libre passage au débit sortant lorsque le niveau du lac est trop élevé et il le limite s'il devient trop important. Dans certains cas, les deux extrêmes ne sont pas atteints simultanément, ce qui rend possible ces manœuvres de sens contraires. Mais il arrive qu'il y ait simultanéité, et que les crues ne puissent pas être maîtrisées sans dommages. L'objectif consiste alors à limiter au mieux les dégâts. Les mots clés de ce type de régularisation sont donc le compromis et la pesée des intérêts.

Habituellement, la pesée des intérêts ne tient pas seulement compte de la protection contre les crues, mais aussi de besoins relatifs aux basses et aux moyennes eaux, et cela aussi bien dans le lac que dans l'effluent. Les cours d'eau doivent en effet répondre à de nombreux objectifs, qui ont notamment trait à la protection du paysage, la navigation, la pêche, l'alimentation en eau, l'utilisation de la force hydraulique, la protection des eaux et la stabilité des berges. La régularisation doit donc atteindre un large faisceau de buts, ce qui transparaît inévitablement dans les exposés suivants.

Fig. 178 L'exutoire du lac de Thoune. Vue vers l'aval de l'Aar, en direction de Thoune. Par M. Merian, au milieu du 17^e siècle.



14.2 Tour d'horizon des plus grands lacs

La Suisse compte 15 lacs de taille supérieure à 10 km², en incluant les plans d'eau limitrophes. Si 11 d'entre eux sont régularisés, 4 ne le sont pas (BWW 1983):

- *régularisés:*
lac Léman, lac Majeur, lac de Neuchâtel, des Quatre-Cantons, de Zurich, de Lugano, de Thoune, de Bienne, de Zoug, de Brienz et de Morat;
- *non régularisés:*
lac de Constance, de Walenstadt, de Sempach et de Hallwil.

Il n'est évidemment pas possible de traiter tous ces cas ici. Parmi les lacs régularisés, le lac Majeur et le lac de Lugano n'entrent pas en ligne de compte, car leurs barrages de régularisation n'ont été construits qu'au milieu du 20^e siècle (CHAVAZ & GYGAX 1960). Le lac de Thoune fut équipé d'un tel ouvrage en 1726, suite à la correction de la Kander, comme relaté à la section 6.4. Nettement abaissés lors de la première correction des eaux du Jura, les lacs de Neuchâtel, Bienne et Morat furent également dotés en 1887 d'un barrage servant à régulariser les trois lacs. Il en est question à la section 10.4. Le lac de Zoug a été équipé de son premier barrage de régularisation en 1592 déjà, lors

Fig. 179 Le seuil sur la Reuss dans la Lucerne médiévale. Il formait obstacle à l'écoulement des crues et à la navigation. Ici, on voit une barque accidentée lors d'une course vers l'aval. Extrait de la chronique de Diepold Schilling de 1513. Vue de la rive gauche sur la vieille ville.



de l'abaissement du niveau exposé à la section 5.7. Le lac de Brienz, dont le barrage de régularisation a été construit en 1860, après le démantèlement du seuil décrié de l'Aar à Interlaken (section 1.2) et un abaissement du lac de 1,2 à 1,8 m, n'est pas décrit ici. Son barrage est semblable à celui qui régularise le lac de Thoune. En revanche, le lac Léman, le lac des Quatre-Cantons et celui de Zurich font l'objet d'une description approfondie. Ils revêtent un intérêt particulier du fait que leur exutoire se trouve dans le périmètre d'une ville importante.

Parmi les lacs non régularisés, seul le lac de Constance sera traité ici.

14.3 Le lac des Quatre-Cantons, passerelle ou pierre d'achoppement en Suisse centrale

Lucerne est notoirement située à l'exutoire du lac des Quatre-Cantons, à la transition entre le lac et la Reuss. Or cette situation n'a pas toujours été aussi claire. Au 9^e siècle, le niveau du lac était inférieur de 1 à 2 m (GLAUSER 1978), voire plus selon les sources. C'est pourquoi les établissements précurseurs de la ville, entre autres le couvent du Hof, ne se trouvaient pas au bord du lac mais sur une dalle rocheuse située en rive droite de la Reuss. Le couvent y construisit ses moulins, qui passèrent ultérieurement à la ville. L'eau de la Reuss était acheminée vers les roues hydrauliques au moyen de seuils toujours plus longs, ce qui eut pour effet d'élever petit à petit le niveau du lac. Le remous d'exhaussement fut encore renforcé par les importants dépôts de matériaux du Krienbach – torrent à fort charriage qui débouchait sur la berge opposée – et par la culée proéminente du pont construit au 12^e siècle. C'est ainsi qu'une baie du lac des Quatre-Cantons se mit à avancer jusqu'à Lucerne en périodes de moyennes et surtout de hautes eaux. Ce phénomène permit au bourg – qui accéda probablement au statut de ville en 1178 – de se développer pour devenir la localité actuelle, à cheval sur l'exutoire du lac: à droite la «Grosstadt», à gauche la «Kleinstadt» ou «Neustadt» (VISCHER 1995b).

Mais en période d'étiage, donc surtout en hiver, le niveau du lac s'abaissait à tel point que la baie de Lucerne se retirait de plus de 1 km. La ville était alors coupée du lac des Quatre-Cantons et la Reuss s'écoulait vers elle sous la forme d'un piteux filet d'eau. Les gros bateaux ne pouvant plus naviguer sur la «voie d'hiver», il fallait transborder les marchandises sur des barques, si ce n'est des charrettes, pour les acheminer en ville. Selon les chroniques, la situation ne changea



Fig. 180 La Reuss à Lucerne, avec les moulins de la ville. Extrait du plan de M. Martini, 1597. Vue vers l'aval de la Reuss.

qu'au début du 14^e siècle, lorsque les ouvrages sur la Reuss furent renforcés et agrandis pour former un seuil traversant tout le lit de la rivière. Le niveau du lac s'exhaussa, faisant de Lucerne une ville riveraine en permanence.

Or ce phénomène favorable à l'étiage devait s'avérer préjudiciable en hautes eaux. Toutes les basses terres riveraines, de Lucerne à Flüelen et Alpnachstad, subirent des inondations toujours plus fréquentes et étendues, ce qui incita les anciens cantons d'Uri, Schwytz et Unterwald à formuler des protestations énergiques contre le remous occasionné par le seuil. Lucerne l'abaisse de 0,3 m en 1589, mais fit marche arrière en 1608 déjà. Elle le rénova et l'agrandit pour en faire un barrage mobile. Les battes en bois utilisées comme vannes permettaient d'exhausser les niveaux d'étiage de 0,6 m, mais pas d'abaisser les niveaux de crue. La querelle opposant Uri, Schwytz et Unterwald à Lucerne se ralluma, ce qui provoqua l'intervention de la Diète fédérale. Mais même les rénovations ultérieures de

l'ouvrage sur la Reuss, de 1738–1739 et 1788–1789, ne parvinrent pas à réduire significativement le danger de débordement du lac. Quelques améliorations mineures furent pratiquement annihilées au milieu du 19^e siècle par la suppression d'anciens canaux servant d'écoulement complémentaire, tels les fossés nommés Löwengraben et Hirschengraben (CHAVAZ & LANKER 1958).

Les plaintes émanant d'Uri, Schwytz et Unterwald s'intensifièrent pendant le 19^e siècle, où les crues abondèrent. Un document contient un aveu des Lucernois, qui admettent avoir ouvert trop tardivement les vannes de leur ouvrage lors de la crue de 1821. Un autre témoigne d'une opposition formulée en 1841 contre la construction du quai devant l'église des Jésuites, par les cantons primitifs qui craignaient un nouvel exhaussement du niveau de la Reuss.

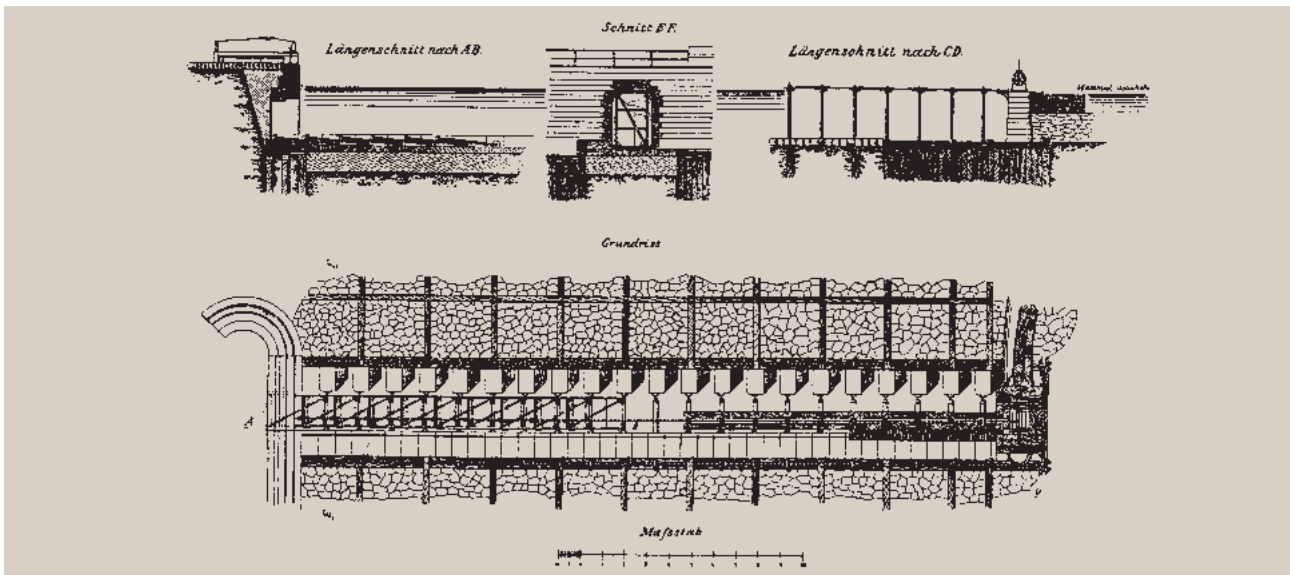
Les opinions divergeaient quant aux niveaux du lac. D'une part, l'ingénieur de la ville de Lucerne s'opposa en 1842 à tout abaissement de la Reuss ou du lac,



Fig. 181 Les moulins de la ville de Lucerne. Extrait d'une perspective de F. X. Schumacher, 1792.

car il craignait pour la stabilité des berges de la rivière et des bâtiments riverains (HARRY 1918). D'autre part, l'ingénieur forestier Jost Mohr (1782–1853) émit la même année une idée audacieuse visant à supprimer complètement le barrage sur la Reuss. Il estimait que l'abaissement du lac ainsi obtenu permettrait de gagner environ 1000 arpents (360 ha) de terre sur le lac et de transformer 1000 autres arpents de marécages en «prairies grasses». La baie de Lucerne reculerait jusqu'à la pointe de Tribtschen, pour être remplacée par

Fig. 182 Dessins pour la construction du barrage de régularisation érigé à Lucerne entre 1859 et 1861. Il s'agit d'un barrage à aiguilles pourvu d'une structure escamotable lorsque les aiguilles sont retirées.



un canal large de 1000 pas (750-800 m) qui serait «semblable à une voie maritime, ... couverte ... d'embarcations affairées» et entouré de «champs riants couverts d'arbres fruitiers» (MOHR 1842, BÜHLMANN 1960). Il est probable que Mohr ait été influencé, en plus de son aversion contre toute forme de seuil, par l'épisode du lac de Lungern. On l'avait abaissé de 35 m en 1835, gagnant ainsi 250 arpents (90 ha) de terres cultivables (VISCHER 1995b). Par ailleurs, l'inauguration de la navigation à vapeur entre Lucerne et Flüelen, en 1837, nourrit la querelle par la revendication ancienne, mais désormais renforcée, visant à ce que la profondeur soit partout suffisante pour la navigation.

Les quatre cantons s'entendirent alors pour confier une expertise à Johann Heinrich Pestalozzi (1790–1859) de Zurich et Karl Emmanuel Müller (1804–1869) d'Altdorf. Fournissant leurs premiers résultats en 1844, ces autorités posèrent les bases nécessaires pour établir en 1846 un relevé contradictoire des zones inondables riveraines du lac; il concernait en tout quelque 1206 arpents (435 ha). Dans une expertise de 1846, Pestalozzi exprima son avis sur les causes des problèmes et sur une éventuelle régularisation du lac. Puis survinrent les troubles de la guerre du Sonderbund. A la demande du canton d'Uri, Richard La Nicca (1794–1883) de Coire examina en 1851 les propositions de Pestalozzi et recommanda de procéder à des interventions encore plus radicales sur le seuil de la Reuss à Lucerne (HARRY 1918). Une année plus tard, Johann Jakob Sulzberger (1802–1855) de Frauenfeld livra une expertise sur la correction de la Reuss dans le périmètre de la ville de Lucerne.

En 1855, la Compagnie (ferroviaire) du Central-Suisse commença l'aménagement de vastes remblais en rive

gauche du lac et de la Reuss. Son objectif consistait à relier la voie ferrée en construction avec un débarcadère et à bâtir la gare de Lucerne. Les cantons primitifs s'inquiétèrent naturellement de ce chantier. Craignant un nouvel exhaussement du lac, ils s'adressèrent en 1857 au canton de Lucerne puis, celui-ci ayant refusé d'entrer en matière, au Conseil fédéral. Il fit à nouveau examiner la situation par des experts et suggéra aux parties opposées de s'entendre, bien que l'impact des remblais n'ait pas été jugé très important. La même année, les cantons primitifs demandèrent au professeur Carl Culmann (1821–1881) de Zurich une confirmation des résultats. Puis on passa à l'action: en 1858, la Confédération, les quatre cantons et la Compagnie du Central-Suisse conclurent une «Convention touchant à l'amélioration des conditions d'écoulement du lac à Lucerne». Elle se basait sur des projets auxquels Karl Emmanuel Müller et l'ingénieur en chef du Central-Suisse, Wilhelm Pressel (1821–1902) de Stuttgart, avaient apporté une contribution déterminante. Dirigées d'une main ferme par le Conseiller fédéral Jakob Stämpfli (1820–1879), les négociations préliminaires et la ratification de la convention ne demandèrent apparemment qu'un jour et demi. Elle définissait les objectifs, arrêtait un projet d'exécution concret et fixait la répartition des coûts.

Les objectifs étaient formulés comme suit: «Une partie du barrage fixe, existant actuellement à Lucerne, sera enlevée pour faire place à un barrage à écluse» et «un règlement sur l'ouverture et la fermeture des barrages» sera établi dans les trois ans suivant la mise en service de l'ouvrage. Les travaux inhérents à la nouvelle installation commencèrent en 1859 et elle était achevée pour l'essentiel en 1861. Placé 0,8 m plus bas qu'auparavant, le seuil permettait d'abaisser le niveau maximum du lac de 0,6 m. Les éléments de régularisation choisis étaient des aiguilles en bois, qui permettaient de rehausser le niveau minimum de 2,5 m. A l'époque, ce barrage à aiguilles moderne, construit selon le système de Poirée, fit sensation loin à la ronde. Entré en vigueur en 1867, le règlement de régularisation est en principe encore valable à l'heure actuelle. S'il garantit avant tout la protection des riverains du lac, il n'oublie pas ceux qui se trouvent à l'aval: l'écoulement du lac est réduit pendant les débits de pointe, prononcés mais brefs, de la Petite-Emme qui se jette dans la Reuss en aval de Lucerne.

Signalons encore que les moulins de la ville, régulièrement rénovés et laissés en service, brûlèrent en 1875. Les seuils servant à leur alimentation en rive droite furent démantelés en 1887 et 1888. Dans une expertise commune, les ingénieurs Gottlieb Heinrich Legler (1823–1897) de Diesbach (GL) et David Ziegler (1821–1901) de Winterthur avaient recommandé d'exploiter

plus efficacement la force hydraulique de la Reuss en 1874 déjà. C'est pourquoi on construisit une installation moderne à basse chute, pourvue d'un canal d'alimentation et d'un court canal de fuite, à côté du barrage de régularisation. Entrée en service en 1889, elle délivra l'énergie nécessaire à quelques ateliers voisins par un système de transmission. Elle ne fut électrifiée qu'en 1926. Dès lors, le barrage à aiguilles servit à la régularisation grossière du lac des Quatre-Cantons, tandis que l'usine hydraulique, pourvue de systèmes de contrôle du débit plus maniables, assura la régularisation fine.

14.4 Le lac de Zurich, ou la libération de la Limmat barricadée

Dans le temps, Zurich construisait des palissades et des fossés pour se protéger contre d'éventuels ennemis. A partir du 13^e siècle, elle érigea un mur d'enceinte pourvu de tours et de portes. Plus tard, elle y adjoignit de nouveaux murs. Suite à la guerre de Trente Ans (1618–1648), elle bâtit une vaste ceinture de fortifications munie de fortins (ZIEGLER 1979).

Ces ouvrages défensifs, et les impératifs de protection auxquels ils répondaient, se répercutaient sur l'aména-

Fig. 183 L'exutoire du lac de Zurich, avec les palissades, le bâtiment du Grendel, la tour du Wellenberg, la Wasserkirche et la roue à godets située le plus à l'amont. Vue vers l'amont de la Limmat, de Hans Leu l'ancien, en 1502.





Fig. 184 L'exutoire du lac de Zurich, avec la Limmat et le Schanzengraben dans la ville de Zurich (sens de l'écoulement: de droite à gauche). A l'aval des ponts, on voit les deux passerelles Oberer et Unterer Mühlesteig et l'île du Papierwerd, ainsi que l'embouchure du Schanzengraben et de la Sihl dans la Limmat. Plan de J. Murer, 1576.

gement des eaux. Il a notamment fallu compléter la ceinture de fortifications dans l'eau – dans le lac en amont et éventuellement dans la Limmat en aval. Puis on a réalisé des fossés remplis d'eau pour accroître l'efficacité des murs. Ils couraient du lac à l'aval de la ville, par l'ouest de celle-ci. Pour que l'approvisionnement soit assuré en cas de besoin, il était impératif que les ouvrages hydrauliques, du moins les moulins à grains, soient à l'intérieur de l'enceinte. Tous les passages sur la Limmat s'y trouvaient bien sûr aussi. C'est notamment pour cela que la Limmat en ville de Zurich devint un important centre d'activités urbaines. Toutes les anciennes vues de la ville – la plus ancienne date de 1502 – montrent une Limmat fortement obstruée. Aux constructions humaines qui entravaient son écoulement s'ajoutait le Metzstein, en aval de la Rathausbrücke. Si ce gros rocher n'était visible qu'en très basses eaux, il offrait au moins de la place pour les beuveries qui saluaient chacune de ses apparitions (ZIMMERMANN 1995).

La Limmat obstruée marqua la physionomie de la ville jusqu'au début du 19^e siècle. A cette époque, l'inspecteur cantonal des routes et des cours d'eau, Karl Wetli (1822–1889), fit état du bâti suivant (WETLI 1885): A l'exutoire du lac, on trouvait en rive gauche la Bauschanze, formant une île, et en rive droite le bâtiment du Grendel, pourvu d'une porte pour la navigation. Ils étaient reliés par une longue palissade. Plus bas sur la Limmat, il y avait ensuite la tour du Wellenberg, qui se dressait au milieu de la rivière, et l'église

nommée Wasserkirche. Adossée à la rive droite, elle était contournée par les flots. Une passerelle fondée sur de nombreux pilotis traversait la Limmat à partir du Helmhaus, accolé à l'église. Un ouvrage hydraulique équipé d'une grande roue à godets et de parois de dérivation (ouvrages-guides s'avancant loin à l'amont) y a été ajouté. Le seul grand pont d'alors, la Rathausbrücke, comprenait un ouvrage hydraulique similaire, également équipé de parois de dérivation. Un troisième ouvrage hydraulique muni de telles parois se trouvait dans la Schipfe. Il n'était pas relié à une roue à godets, mais à des pompes qui extrayaient de l'eau souterraine par un puits. Tout en aval, la Limmat était traversée par trois passerelles nommées Oberer Mühlesteig, Unterer Mühlesteig et Langer Steig. A hauteur de ces passerelles, garnies de moulins, bâtiments artisanaux et autres maisons construits l'un près de l'autre, «tout le passage de la rivière ... était pour ainsi dire ... à la merci des propriétaires des ouvrages hydrauliques», comme l'écrivit Wetli. Le Langer Steig, qui touchait presque le Papierwerd (une grande île), comprenait «de nombreux pilotis». Le Schanzengraben et la Sihl se jetaient dans la Limmat un peu en amont, ce qui ajoutait encore à l'engorgement. «Par dessus le marché, tout le tronçon à partir de la Bauschanze était encombré de toutes sortes de dispositifs de pêche.»

Cette accumulation entraîna une recrudescence des débordements sur le tronçon supérieur de la Limmat et le pourtour du lac. Mais il est difficile de quantifier l'exhaussement des eaux, car les niveaux n'ont pas été

relevés systématiquement avant 1811. En tout état de cause, le Münsterhof (sur la place du Fraumünster) a dû être submergé à plusieurs reprises. De larges cordons littoraux, régulièrement affectés par les crues, étaient donc peu propices à l'habitation et à l'agriculture.

La correction de la Linth fournit l'occasion d'améliorer la protection contre les hautes eaux du lac de Zurich. Il était dans son intérêt qu'on limite les niveaux maximaux du lac à l'exutoire du canal de la Linth. Incitée par le promoteur et directeur des travaux de la Linth, Hans Conrad Escher (1767–1823), Zurich instaura une commission d'étude en 1807 pour chercher des solutions. Mais elle reçut pour instruction de veiller au maintien de tous les ouvrages hydrauliques sur la Limmat. Toutefois, cette limitation perdit rapidement de son acuité. D'une part, ces installations entravaient effectivement l'écoulement de la Limmat, d'autre part, certaines d'entre elles étaient dépassées ou incompatibles avec les efforts d'urbanisation visant à moderniser la ville. Des raisons très variées conduisirent donc à transformer complètement l'exutoire du lac et la Limmat dans le périmètre de Zurich. Les travaux suivants furent importants pour les conditions d'écoulement (BERTSCHI 1936, 1952):

L'embouchure de la Sihl fut déplacée entre 1811 et 1815 vers son emplacement actuel, proche du Platzspitz, sur la base d'une expertise de Hans Conrad Escher. Puis on supprima quelques ouvrages créant du remous à hauteur de l'Unterer Mühlesteig. Entre 1821 et 1824, on démantela l'ouvrage hydraulique accolé à la Rathausbrücke et ses parois de dérivation, et on mina le Metzgstein. En 1835, on construisit la Münsterbrücke à la place de la passerelle et de l'ouvrage hydraulique attenant. Le bâtiment du Grendel et ses palissades, ainsi que la tour du Wellenberg, disparurent à la même époque. En outre, on aménagea les abords de la Wasserkirche pour éviter qu'elle soit contournée par la Limmat et on approfondit un peu son lit à cet endroit.

Une commission comprenant Alois Negrelli (1799–1858), Johann Heinrich Pestalozzi (1790–1857), Hans Caspar Escher (1775–1859) et Salomon Hegner (1789–1869) examina la situation en 1838 et recommanda notamment de transformer, tout au moins partiellement, l'Oberer Mühlesteig en barrage de régularisation. Quelques installations à roues furent remplacées par des passes réglables et la section d'écoulement fut agrandie à cet endroit entre 1842 et 1846, suite à l'incendie de trois moulins. Plus tard, on élargit

Fig. 185 Le Metzgstein, à l'aval de la Rathausbrücke, n'était visible qu'en très basses eaux: «Représentation de la grosse, large pierre, à l'aval du pont inférieur, qui émergea de la rivière en l'an 1740, comme cela s'était déjà vu en l'an 1636» – avec des ouvriers qui travaillent sur le rocher. Gravure de J. C. Uelinger, 1740. Vue vers l'amont de la Limmat.



aussi le lit de Limmat en amont. En 1861, la Bahnhofbrücke succéda au Langer Steg en aval de l'Unterer Mühlestege et du Papierwerd.

Arnold Bürkli (1833–1894) fut nommé ingénieur municipal en 1860. Il consacra aussitôt son talent et son énergie à la modernisation du secteur de la Limmat, comme de toute la ville. Sous sa direction, l'embouchure du Schanzengraben fut déplacée de la Limmat à la Sihl en 1862 et le Fröschegraben comblé pour aménager la Bahnhofstrasse en 1865. Jusqu'alors ces deux fossés avaient servi d'exutoires secondaires au lac. C'est pourquoi on agrandit le Schanzengraben de manière à compenser largement la perte du Fröschegraben. En 1868, on installa un nouveau captage d'eau potable, doté d'un filtre à sable, dans la Limmat, au Bauschänzli. L'eau traitée était amenée par un tuyau posé au fond du lit dans une station de pompage accolée à l'Oberer Mühlestege, puis refoulée jusqu'au réservoir encore visible de nos jours sur le Lindenhof. C'est pourquoi on abandonna en 1869 l'ancien ouvrage hydraulique situé dans la Schipfe. En 1881, la Rathausbrücke subit des transformations et l'on approfondit le lit de la rivière sur son emplacement.

Quelques années auparavant, de 1876 à 1878, on avait construit l'usine du Letten sur un canal. Elle transmettait la force motrice nécessaire à l'industrie au moyen de câbles et alimentait le réseau sous pression d'alimentation en eau de la ville, en cours de réalisation, ainsi que les moteurs hydrauliques (VISCHER 2000c). L'eau, issue du captage du Bauschänzli, était acheminée par la conduite qui se terminait auparavant à l'Oberer Mühlestege, et qui fut alors prolongée jusqu'au Letten. Après l'épidémie de typhus de 1884, il fallut abandonner le captage dans la Limmat et en installer un nouveau dans le lac.

L'entrée du canal de l'usine du Letten se trouvait en face du Platzspitz, là où un barrage à aiguilles avait été installé dans la Limmat juste en amont de l'embouchure de la Sihl. Mais comme il ne déployait plus d'effet au-delà de l'Unter Mühlestege, il n'était pas en mesure d'influencer l'écoulement du lac, ni de régulariser celui-ci.

Un bilan établi ultérieurement révéla que toutes les mesures décrites ici ont permis d'abaisser le niveau maximum du lac d'environ 0,2 m jusqu'en 1880 (PETER, H. 1924). Mais il restait encore deux obstacles importants dans le lit de la Limmat, soit les deux

Fig. 186 La Limmat dans le secteur des deux Mühlestege et du Papierwerd (sens de l'écoulement: de gauche à droite). Le quai de la Limmat fut construit dans la rivière en 1859 pour soutenir une nouvelle route. Vue aérienne de E. Spelterini, 1904.



encombrantes passerelles munies de moulins! Les efforts ultérieurs se concentrèrent donc sur ce secteur, notamment sur l'Oberer Mühlesteig, qui traversait la Limmat sur un resserrement. Un gros moulin y fut démantelé en 1889, et une transformation réalisée en 1890 a visé à augmenter les sections d'écoulement et accroître la marge de manœuvre pour régulariser les eaux. L'installation d'un barrage-déversoir en forme de U dans le courant principal s'avéra très spectaculaire. Mais cela ne suffisait pas encore pour juguler le danger occasionné par les crues sur les bords du lac.

Les nombreuses améliorations n'étaient pas sans effets, mais ils étaient insuffisants au vu des exigences croissantes des riverains du lac. On était à l'époque où ses berges, devenues attrayantes, furent presque entièrement couvertes «de résidences, jardins et parcs, hangars à bateaux et bains couverts, plages, etc.»

(BERTSCHI 1936), à tel point que l'écrivain français André Gide (1869–1951) qualifia le lac de Zurich de «trop meublé» (ZIMMERMANN 1995). Au 20^e siècle, on n'en continua pas moins de bricoler pendant des décennies autour des passerelles et de leurs moulins pour régulariser le lac, jusqu'à ce qu'elles soient finalement supprimées et remplacées par un barrage de régularisation moderne. La demande générale d'une «Limmat libre» pour des raisons esthétiques joua aussi un rôle. Le barrage de régularisation fut construit entre 1949 et 1951, en relation avec la reconstruction de l'usine – électrique depuis 1892 – du Letten, avec le remplacement du barrage à aiguilles voisin du Platzspitz par un barrage avec des vannes-toit réglables mécaniquement et avec un approfondissement du lit de la Limmat en amont. La direction du projet et des travaux était assurée par Hektor Bertschi (1882–1957). Le règlement de régularisation, déjà élaboré en 1941 par l'Office fédéral de l'économie des eaux, fut entériné par la Confédération après avoir été approuvé par toutes les parties (BERTSCHI 1952).

14.5 Le lac Léman, machine hydraulique versus protection contre les crues

A Lucerne, c'étaient surtout les moulins sur la Reuss qui rehaussaient le niveau du lac des Quatre-Cantons, et le faisaient déborder toujours plus fréquemment. Zurich connut une évolution semblable, due aux nombreux moulins sur la Limmat. Mais il en alla autrement à Genève! Ce fut principalement une seule station d'élévation des eaux, dite Machine hydraulique, qui rehaussa le niveau du lac Léman et provoqua la colère des riverains. Entraînée par le courant du Rhône, elle



Fig. 187 Vue de Genève, à l'exutoire du lac Léman, avec l'île et le pont sur le Rhône. De G. Ballino, 1569.

pompait de l'eau dans le fleuve pour l'acheminer dans la ville.

La ville de Genève est née à l'exutoire du lac Léman, où le Rhône présente une île allongée, nommée simplement l'île. L'emplacement était favorable pour jeter un pont sur le Rhône et la colline contiguë au sud se prêtait bien à l'établissement d'une localité fortifiée, la future Haute-Ville. Au temps des Romains, l'approvisionnement en eau était surtout assuré par un aqueduc, qui franchissait plus de 11 km entre Annemasse et la Haute-Ville. Mais on prélevait certainement déjà de l'eau dans le lac et le Rhône, ainsi que dans des puits. On ne sait pas exactement quand l'aqueduc fut abandonné, volontairement ou non. Les invasions alémanes du 3^e siècle ou d'autres épisodes belliqueux ont probablement montré aux Genevois qu'il valait mieux compter uniquement sur des installations situées à l'intérieur des fortifications. En Basse-Ville, on pouvait bien se servir directement dans le Rhône. Mais, pollué toujours davantage par les ordures et les eaux usées, il devenait un cloaque, comme tous les cours d'eau dans les villes fluviales de l'époque. Contaminés à leur tour, les puits peu profonds de la zone riveraine devinrent aussi inutilisables pour l'approvisionnement en eau potable. En revanche, l'eau d'usage était disponible en quantités suffisantes. Elle servait, d'une part, à l'irrigation des jardins potagers qui se trouvaient dans le périmètre de la ville et, d'autre part, à l'artisanat qui florissait sur les berges du Rhône et sur l'île. La force hydraulique ou force motrice du Rhône était bien sûr exploitée, par des roues à godets et des machines de façonnage de toutes sortes. Avec ses seuils, machines à roues, pièges à poissons, ponts et autres constructions, ce



Fig. 188 Au 17^e siècle, Genève s'entoure d'une imposante ceinture de fortifications pour se protéger contre ses ennemis, en particulier les Savoyards. L'exutoire du lac est équipé de fortins, de palissades et de chaînes. Gravure de 1655.

tronçon du Rhône ressemblait donc fort à d'autres rivières bordées par des villes.

Quant à la Haute-Ville, elle dépendait de quelques puits profonds mais peu productifs et de petites sources en nombre restreint. Son approvisionnement en eau était donc précaire, et le demeura durant tout le Moyen Âge, jusqu'au début des Temps modernes (BETANT 1941). Puis on se mit à réfléchir à la construction d'un ouvrage hydraulique qui soit entraîné par le courant du Rhône et refoule de l'eau propre du lac dans la Haute-Ville et la Basse-Ville.

Depuis 1559 déjà, Genève disposait de toutes sortes de projets pour construire une telle machine hydraulique, mais rien ne fut réalisé jusqu'en 1708, soit pendant un siècle et demi. La question de savoir pourquoi ne sera pas traitée ici. L'important est que l'architecte et ingénieur Joseph Abeille (1673–1756), originaire de Bretagne mais travaillant à Paris, entra en scène en 1708 pour agir. Il s'engagea contre indemnité à construire une station d'élévation des eaux à Genève et à l'exploiter pendant 20 ans. Le choix du site ne lui laissait quasiment aucune marge de manœuvre. D'une part, il avait besoin du courant du Rhône pour entraîner les pompes. D'autre part, il devait capter l'eau du Rhône à refouler juste à l'endroit où elle sortait du lac et était encore relativement propre. A l'époque, il n'était pas possible de tirer une longue conduite dans le lac. Ces deux conditions n'étant pratiquement remplies qu'à l'extrémité amont de l'île, c'est là qu'Abeille implanta sa Machine hydraulique, dans

le bras gauche du Rhône. Elle devait se composer de quelques roues à aubes mues par en dessous qui entraînaient plusieurs pompes à piston de différentes capacités. Elle permit d'alimenter trois fontaines dans la Haute-Ville et deux dans la Basse-Ville (SCHNITZER 1992). Mais comme elle n'avait pas le rendement souhaité, Abeille fit encore construire un seuil dans le Rhône en 1712. Il acheminait une quantité supérieure d'eau motrice vers les roues hydrauliques, surtout à l'étiage. Mais la présence de cet obstacle à l'exutoire du lac Léman suscita la défiance des riverains du lac, qui craignaient que les basses zones riveraines soient plus fréquemment submergées en période de crue.

En 1728, la Machine d'Abeille, comme on la nommait aussi, passa aux mains de la ville. Elle la fit démonter et réviser par le mécanicien Jean Maritz (1680–1744), originaire de Berthoud. Les plans de l'installation agrandie en 1733 font état de 2 roues hydrauliques de diamètre supérieur à 8 m, dotées d'arbres de transmission longs de 7 m et d'un diamètre approchant les 80 cm. Ces arbres supportaient des cames triangulaires, qui actionnaient 6 pompes à piston verticales chacune. L'échappement de l'eau était encore précédé d'un filtre grossier en gravier. Cette installation, déjà encombrante en elle-même, se répercutait surtout sur

Fig. 189 La Machine hydraulique de Genève. En haut: coupe longitudinale reconstituée à partir de restes des plans originaux. En bas: situation partielle de la station de pompage rénovée par J. Maritz en 1733.

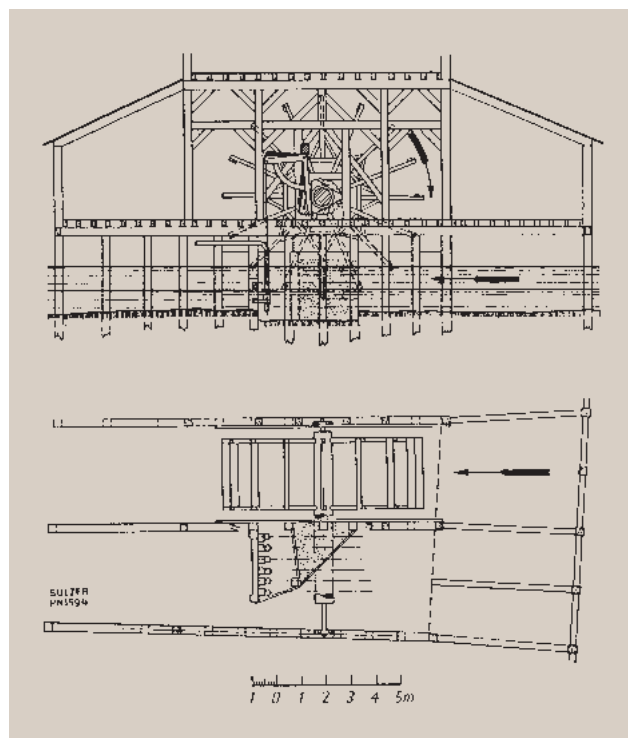




Fig. 190 Extrait d'une carte française de 1765, avec Genève. Selon une ancienne idée, le Rhône s'écoule dans le lac vers Genève en un flux autonome et étroitement délimité.

le régime du lac par le fait que Maritz avait fait remplacer le seuil fixe par un véritable barrage pourvu de vannes, si bien qu'il se mit à régulariser le Rhône à sa convenance. Au terme de quelques améliorations mécaniques, la Machine hydraulique fut en mesure d'alimenter 13 fontaines publiques et 17 fontaines privées en 1790. Les habitants de Villeneuve s'étaient adressés à ces Messieurs de Berne en 1737 déjà, car ils imputaient les

débordements du lac particulièrement perceptibles chez eux aux constructions sur le Rhône à Genève. Un peu plus tard, les «Alliés de Berne» entreprirent une démarche à Genève. Ils demandèrent que le couronnement du barrage soit abaissé de 18 pouces (env. 50 cm). Les Genevois instaurèrent alors une «Petite Commission au sujet des inondations du Lac et de la Digue du Rhône». Un protocole de 1749 révèle que les opinions divergeaient au sein de la commission à



Fig. 191 La Machine hydraulique de Genève (construction en bois du milieu) porte la date 1837 dans l'illustration. Elle comprend encore pour l'essentiel les machines construites par J. Maritz. Vue vers l'aval du Rhône. L'encombrant bâtiment, adossé à l'île, entrave notablement l'écoulement dans le bras gauche du Rhône. A gauche se trouve un bateau-lavoir.

propos de la réclamation de Berne (LAMBERT 1986). Une partie souhaitait faire des concessions aux Bernois, même si elles ne devaient pas produire l'effet escompté par ceux-ci. On y trouvait notamment Jean-Louis Calandrini (1703–1758), professeur de philosophie et de mathématiques à l'Académie de Genève. L'autre partie, considérant que l'installation d'élévation des eaux «qui nous est absolument nécessaire» n'était pas la seule cause de l'exhaussement du niveau du lac, préconisait de supprimer d'abord tous les autres obstacles. Il s'agissait de quelques moulins, de plusieurs installations de lavage fondées sur des pieux et surtout de nombreux grands pièges à poissons. Alors seulement, le passage de l'eau dans le barrage pourrait éventuellement être amélioré en supprimant quelques pieux. Mais comme Calandrini l'a fait remarquer, cette dernière opération n'aurait certainement rien apporté. Reste à savoir si des mesures ont réellement été prises. Genève s'en tenait toujours à la position selon laquelle le barrage de sa Machine n'influçait ni la fréquence ni la durée des débordements du lac. Les causes du problème devaient résider ailleurs. «Nous ne sommes absolument pas responsables de la pluie qui tombe du

ciel», énonçait un argument souvent avancé. Un autre imputait la montée des eaux du lac à un exhaussement du fond dû aux sédiments amenés par les affluents. Dans une expertise rédigée en 1749 et intitulée «Mémoire sur les eaux du Rhône et du Lac», Calandrini démontra que cet exhaussement était trop peu significatif pour qu'on puisse opposer cet argument aux Bernois (LAMBERT 1986). Or, en vertu de l'équation de rétention – dont on ne disposait pas encore à l'époque –, il n'y a de toute façon aucune corrélation entre les exhaussements du fond du lac et de sa surface (section 3.3). Puis Calandrini confirma son point de vue antérieur selon lequel la protection contre les hautes eaux du lac est essentiellement déterminée par la position du barrage sur le Rhône à Genève: «... si ce niveau du radier est plus bas, le lac en tous temps s'écoulera plutôt, il y aura moins d'inondations.» La fin du 18^e siècle fut marquée par la Révolution française, qui se répercuta aussi en Suisse et conduisit à l'occupation du pays par des troupes françaises. Genève fut même annexée et devint le chef-lieu du département français du Léman, de 1798 à 1813. En ces temps troublés, les riverains du lac Léman avaient

d'autres soucis. Il semble que les discussions au sujet de son niveau n'ont repris qu'après la fondation du canton de Vaud en 1803, l'entrée de Genève dans la Confédération en 1814 et surtout la crue de 1856.

Cette crue toucha notamment les riverains en aval du lac, soit les régions situées le long du Rhône, y compris la ville française de Lyon. Cet événement incita Napoléon III à confier un mandat d'étude. Son «Inspecteur divisionnaire des Ponts et Chaussées chargé du bassin du Rhône», Louis-Léger Vallée (1784–1864) de Sèvres (F), s'était déjà occupé du lac Léman en 1841. Il devait maintenant étudier si l'on pouvait mieux utiliser sa capacité de rétention (VAN MUYDEN 1901).

Vallée étudia donc les conditions hydrologiques et hydrauliques régnant à Genève. Il remarqua les problèmes qui se posaient aux riverains en amont, et non seulement en aval. Aussi proposa-t-il en 1857 de construire un barrage dans le Rhône en amont de l'Île pour régulariser le lac, de débarrasser le fleuve de toutes ses roues – sauf la Machine hydraulique – entre le lac et l'embouchure de l'Arve, et de procéder à des dragages. Selon ses calculs, ces mesures auraient permis, d'une part, d'abaisser les niveaux de hautes eaux et de rehausser les niveaux d'étiage du lac et, d'autre part, d'écrêter les crues en aval de façon à ce



Fig. 192 Le pont de la Machine, avec la nouvelle station de pompage à la pointe de l'Île, sur le bras droit du Rhône, construite entre 1838 et 1843. Sens de l'écoulement: de gauche à droite. Lithographie de F. Tollin.

Fig. 193 Plan de la situation à l'exutoire du lac, avec le projet Pestalozzi-Legler de 1875. On y voit notamment la station de pompage projetée (sur le bras gauche du Rhône) et le barrage à aiguilles prévu pour régulariser le lac (à l'extrémité inférieure du bras droit).

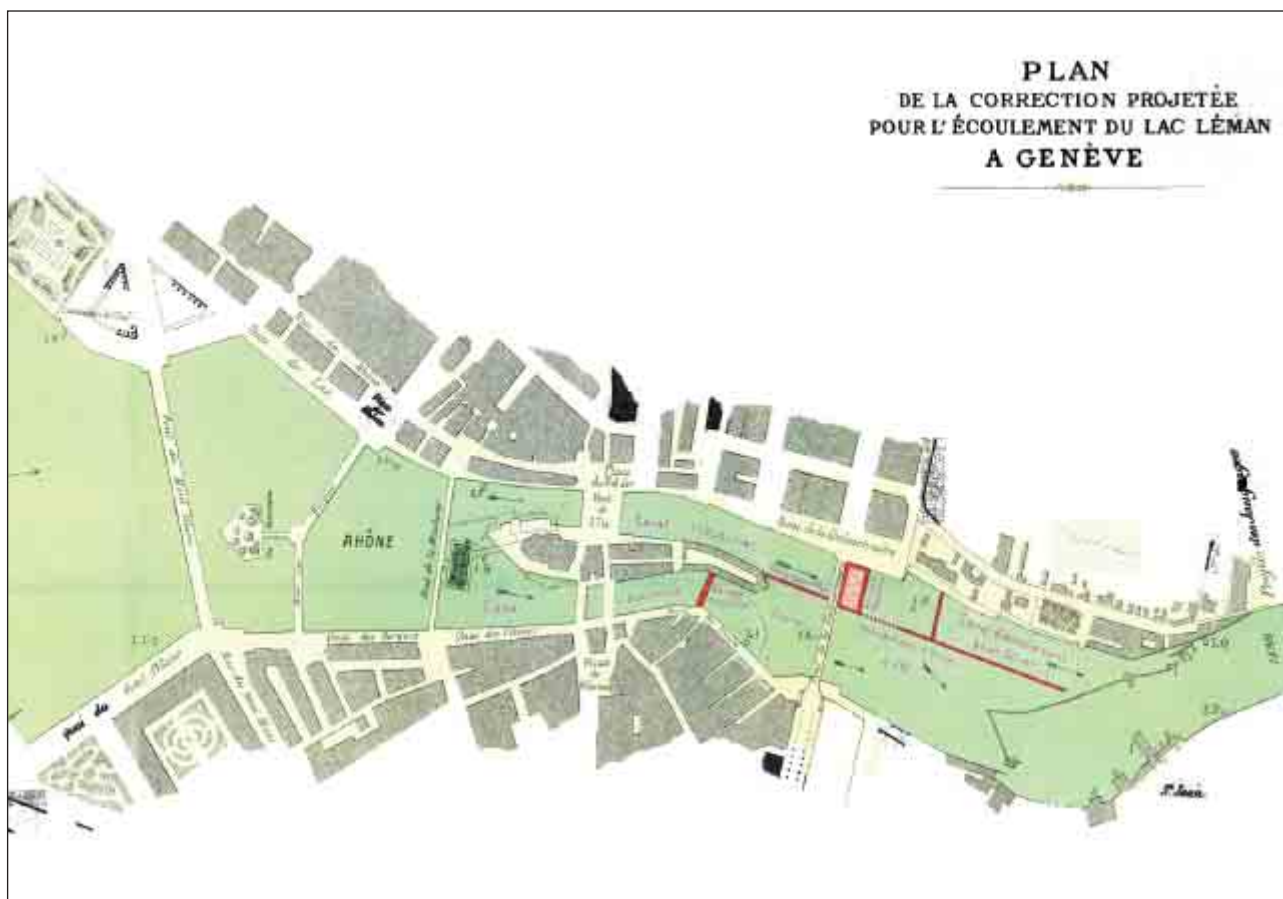




Fig. 194 Travaux de construction sur le bras droit du Rhône, au début 1887. On y voit, en direction de l'amont, l'approfondissement du lit, la construction du barrage de régularisation (à gauche) et la station de pompage, dont l'exploitation est interrompue, avec les deux ailes ajoutées entre 1862 et 1872.

que les niveaux maximaux du Rhône à Lyon restent inférieurs de 0,6 m. Il était aussi d'avis que la France devait prendre en charge les coûts du barrage de régularisation. Vallée recommanda en outre de construire une installation compacte à l'extrémité inférieure de l'île pour exploiter plus efficacement la force hydraulique. Afin d'augmenter la force disponible et d'atténuer encore les crues, il esquaissa aussi un détournement de l'Arve dans le lac (CHAPPUIS 1886). Mais la France ne donna pas suite à cette affaire.

La Machine hydraulique de Genève a toujours fonctionné de Calandrini à Vallée. Après lui avoir apporté quelques améliorations mécaniques à la fin du 18^e siècle, on essaya d'améliorer encore son efficacité en 1809, ce qui aboutit à l'effet contraire, jusqu'à ce que le jeune ingénieur genevois Guillaume-Henri Dufour (1787–1875) fasse une correction judicieuse. En 1838, elle alimentait 24 fontaines publiques et 19 privées, mais au prix d'un épuisement de la mécanique (SCHNITZER 1992). C'est pourquoi on a construit une machine entièrement neuve et de capacité largement supérieure une vingtaine de mètres à l'amont,

entre 1838 et 1843. La construction fut l'œuvre de Dufour, en collaboration avec un architecte qui conféra un aspect d'orangerie au bâtiment des machines, donnant ainsi un cachet particulier à la Basse-Ville. L'installation comprenait aussi un nouveau pont en acier sur le Rhône, nommé pont de la Machine. La partie mécanique fut conçue par l'ingénieur français Jean-Marie Cordier (1784–1864) de Béziers (F). Il recourut à 2 roues hydrauliques en fonte de type Poncelet, de 6 m de diamètre et presque 5 m de largeur, pour entraîner les 4 nouvelles pompes à 2 pistons. Environ 20 ans plus tard, le bâtiment des machines subit des extensions notables, sous la forme d'une aile sud de 1862 à 1864 et d'une aile nord de 1868 à 1872. Ce bâtiment a été conservé jusqu'à nos jours (INKU 1997). La durée des hautes eaux du lac et des débordements qui s'ensuivent augmentèrent dès 1857. Les querelles avec les riverains du lac s'envenimèrent lorsque les Genevois réalisèrent les extensions de leur Machine hydraulique entre 1862 et 1872. L'opposant principal était désormais le canton de Vaud, qui confia différents mandats d'expertise. L'un d'eux échut au professeur

Karl Pestalozzi (1825–1891) de Zurich et à l'ingénieur de la Linth Gottlieb Heinrich Legler (1823–1897). Ils parcoururent les rives du lac pour évaluer les dommages potentiels et étudièrent en détail les apports d'eau et les conditions d'écoulement, notamment à Genève. Ils livrèrent un rapport préliminaire en 1874 et deux ans plus tard un document final intitulé «Rapport sur les conditions de l'écoulement du Rhône à Genève et propositions pour l'amélioration de cet écoulement dans le but de réaliser l'abaissement des hautes eaux d'été du lac Léman». Ils proposèrent d'abandonner la Machine hydraulique de Genève et de la remplacer par une nouvelle station de pompage de grande taille sur le bras gauche du Rhône; corrigé et approfondi, le bras droit servirait d'exutoire principal au lac et serait équipé à son extrémité amont d'un barrage à aiguilles permettant une régularisation équilibrée. Pour s'assurer que les revendications des riverains du lac soient prises en compte, le canton de Vaud intenta une action contre le canton de Genève auprès du Tribunal fédéral en 1878, ce qui déboucha finalement sur une convention.

Cette controverse à propos de la protection contre les crues du lac se doubla d'une autre sur l'utilisation optimale de la force hydraulique à Genève. D'une part, il s'agissait de l'exploiter au maximum ou alors de privilégier entièrement l'exploitation de l'Arve. D'autre part, il y avait des divergences entre intérêts privés et publics. Louis Favre (1826–1879), le constructeur genevois de la ligne du Gothard, et l'ingénieur visionnaire Guillaume Ritter (1835–1912) de Neuchâtel participèrent notamment à l'élaboration de projets dans ce contexte. La ville de Genève a finalement pris le dessus et obtenu du canton, en 1882, la concession pour l'exploitation du Rhône à Genève (CHAPPUIS 1886). Théodore Turrettini (1845–1916), le directeur de la Société genevoise pour la construction d'instruments de physique, intervint également dans les débats politiques. Cet engagement lui valut une élection au Conseil municipal de Genève et le poste à temps partiel de directeur des travaux urbains. Aussitôt en fonction, il s'attacha – en collaboration avec son ingénieur municipal, qui était Constant Buttica (1858–1938) depuis 1884 – à l'élaboration des plans, puis à la construction de l'usine de pompage de la Coulouvrenière sur le bras gauche du Rhône.

La «Convention concernant la correction et la régularisation de l'écoulement du lac Léman» fut conclue en 1884 entre les cantons de Vaud, Valais et Genève, et approuvée par la Confédération en 1885. Les contractants s'y entendaient sur l'approfondissement des deux bras du Rhône, le démantèlement des constructions sur l'île qui gênaient l'écoulement, l'exécution de dragages en amont et un règlement de régularisation du

lac. L'exutoire devait être réaménagé selon le concept de Pestalozzi et Legler de 1876.

L'usine de la Coulouvrenière, qui servait exclusivement à entraîner des pompes, était donc aussi une machine hydraulique. Au stade final, 20 turbines Jonval devaient actionner 2 pompes à piston chacune. Les pompes recevaient de l'eau propre à température relativement constante provenant d'un captage situé dans le lac, puis la refoulaient dans le réseau sous pression de la ville. On avait décidé de ne pas transmettre de la force motrice à l'industrie et à l'artisanat par des câbles d'entraînement, mais de leur livrer de l'eau sous pression à même d'actionner de petites turbines ou des moteurs hydrauliques. Le réseau sous pression contenait donc tout à la fois de l'eau potable et de l'«eau de propulsion». La construction de cette installation ambitieuse et conçue un peu à l'instar d'un palais commença en 1883. L'usine de la Coulouvrenière dotée de ses 5 premiers groupes – soit de 5 turbines et 10 pompes – fut inaugurée en 1886 déjà. Sa mise en service sonna l'entrée dans l'époque moderne pour l'approvisionnement en eau de Genève et suscita de l'intérêt dans toute l'Europe. Puis 13 autres groupes furent installés jusqu'en 1897 (GIACASSO 1987). Le célèbre Jet d'eau de Genève, qui s'élève aujourd'hui à 140 m au-dessus du lac, naquit bientôt à partir d'une soupape qui servait à évacuer la surpression du réseau et qui générait de temps à autre un jet d'eau de 30 m de hauteur (VISCHER 1988c).

La vieille Machine hydraulique du pont de la Machine fut mise hors service et on démantela son barrage à l'entrée du bras gauche du Rhône. A cette occasion, il fut rallongé notablement par un mur de séparation construit dans le prolongement de l'île, afin de former un canal d'amenée d'eau à l'usine de la Coulouvrenière. L'entrée du bras droit, qui devait évacuer l'excédent d'eau et en particulier les crues, fut équipée du barrage si important pour régulariser le lac. Contrairement au projet de Pestalozzi et Legler, il ne revêtit pas la forme d'un barrage à aiguilles, mais fut doté de vannes à rideaux, plus faciles à gérer. Il entra en service en 1887.

Par la suite, le règlement de régularisation fut revu à plusieurs reprises et réécrit en 1892 (CHAVAZ & GYGAZ 1960). Quelques experts réputés furent à nouveau consultés. Le lac Léman devint un centre d'études hydrologiques en Suisse. Signalons l'apport de François-Alphonse Forel (1841–1912), qui réalisa notamment, à partir de 1880, des mensurations des glaciers situés dans le bassin versant du Rhône. Il inaugura ainsi les séries de mesures des glaciers suisses, qui sont toujours pratiquées à l'heure actuelle et jouissent d'une grande estime auprès des spécialistes.



Fig. 195 La ville de Constance, à l'exutoire du lac Supérieur de Constance, avec le pont sur le Rhin et les moulins. Gravure de M. Merian, 1643. Vue dans la direction de l'écoulement.

Notons finalement que l'usine de la Coulouvrenière et le barrage de régularisation ont parfaitement fonctionné pendant plus de 100 ans. Puis ils cédèrent leurs fonctions au barrage du Seujet, construit juste en aval durant les années 1990. Il s'agit d'un discret aménagement au fil de l'eau, doté d'une salle des machines, d'un barrage mobile et d'une écluse pour les bateaux.

14.6 Pas de protection contre les hautes eaux du lac de Constance – sauf une petite renaturation en 1856

Le lac de Constance est notoirement composé de deux plans d'eau, le lac Supérieur et le lac Inférieur. Du point de vue hydrologique, ils sont communicants, comme les lacs de Morat, de Neuchâtel et de Bienne au pied

du Jura. Un abaissement des hautes eaux du lac Supérieur nécessiterait donc une mesure similaire dans le lac Inférieur. Mais aucun ouvrage n'a été construit à cet effet, bien que les débordements soient relativement fréquents (VISCHER 1990, 1993).

Au contraire, le lac Supérieur a subi progressivement un petit remous d'exhaussement. Des pièges à poissons, moulins et autres installations entravant l'exutoire du lac Supérieur ont été installés sur le Rhin lacustre au Moyen Age déjà. Au 15^e siècle, on combina les moulins avec le pont sur le Rhin à Constance. Enfin, quelques établissements artisanaux imposants, pourvus de plusieurs roues, vinrent s'adosser à ce passage. Pour améliorer leur efficacité, on disposa des parois de dérivation du côté du lac et des seuils, parfois dotés de petites vannes, entre les piliers du pont. Ainsi naquit une sorte de barrage, qui eut pour effet de relever le niveau du lac Supérieur. L'exhaussement n'a pas dû dépasser le décimètre, ce qui était sans importance en

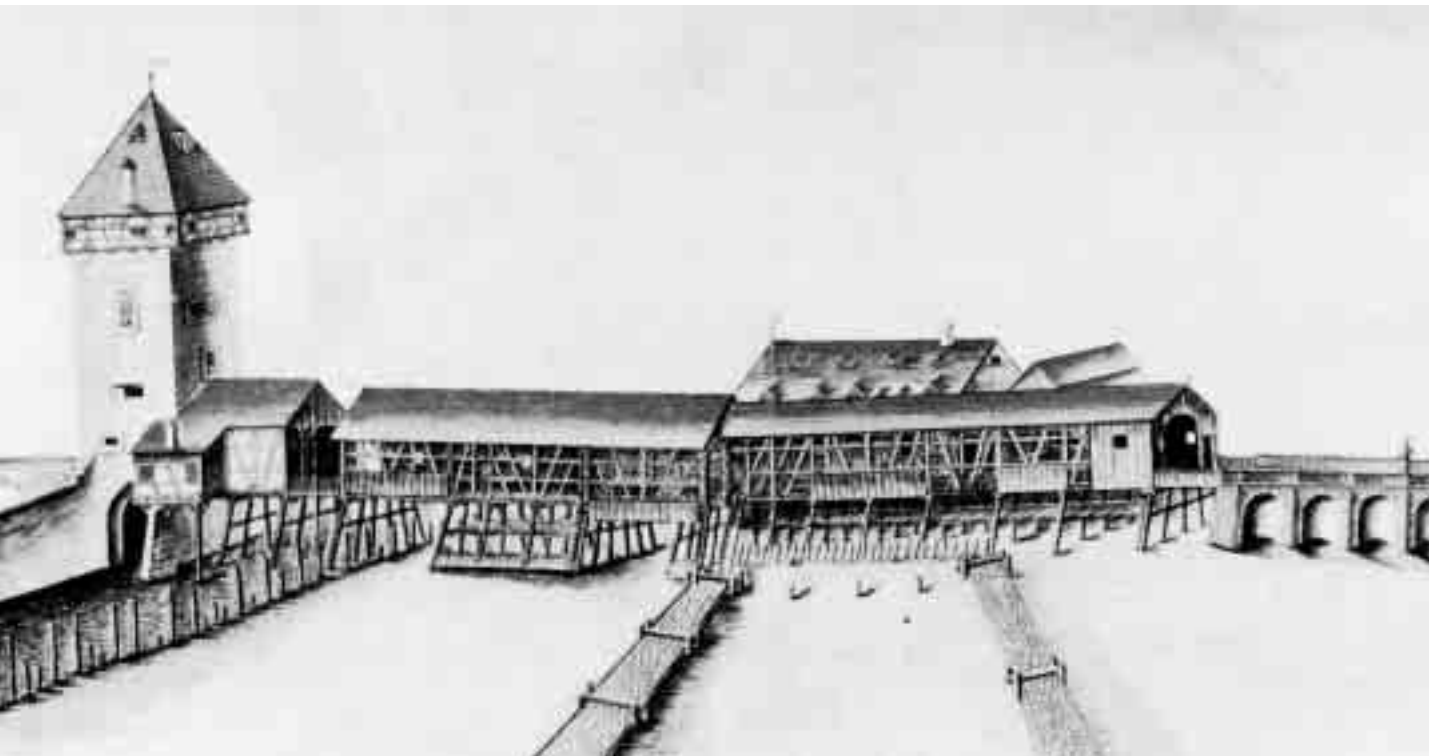


Fig. 196 «Perspective du pont sur le Rhin à Constance», de J. von Lob, 1799. Vue dans la direction de l'écoulement

moyennes et en basses eaux, mais occasionnait des perturbations en période de crue. Les riverains du lac qui en souffraient ont certainement eu tendance à les exagérer par effet psychologique, comme dans des situations similaires. Lorsque le pont et ses moulins brûlèrent en 1856, les Etats riverains de Bade, Württemberg, Bavière, Autriche et Suisse obtinrent que les moulins ne soient pas reconstruits et que les ouvrages de guidage et autres seuils soient éliminés, ce qu'on peut qualifier de renaturation. La convention à cet effet, qui prévoyait notamment un dédommagement en faveur de Constance, fut ratifiée en 1858 (GRIM 1995).

Les dragages effectués à cette époque, et plus tard, dans le «Konstanzer Trichter» et dans le Rhin lacustre visaient à faciliter la navigation. Ils n'eurent aucune influence sur le régime des lacs. Les effets de quelques petits approfondissements réalisés à la pointe d'Eschenz suite aux inondations dévastatrices de 1876 et 1890 furent tout aussi mineurs.

On se mit à dresser des plans d'assainissement globaux à la même époque. Le projet de Max Honsell (1843–1910), ingénieur hydraulicien du Grand-Duché de Bade, était exclusivement consacré à la protection contre les crues. Il proposa en 1879 de draguer un chenal dans le lit du Rhin de Stein à l'embouchure de la Biber et d'encastrent des vannes d'évacuation dans le barrage Moser à Schaffhouse. La barrage en

question, qui traversait naguère le Rhin, était associé à une usine hydraulique qui transmettait son énergie aux industries voisines par des câbles. En 1891, l'ingénieur de la Linth Gottlieb Heinrich Legler (1823–1899) présenta un autre projet qui prévoyait d'abaisser les niveaux maximaux du lac de Constance, mais aussi la possibilité de maintenir des niveaux moyens et bas. C'est pourquoi il recommanda, d'une part, de draguer le Rhin de Stein au barrage Moser et, d'autre part, de transformer cet ouvrage en barrage mobile et de construire un barrage de régularisation du lac de Constance à Stein ou à la pointe d'Eschenz.

Des projets présentés au cours du 20^e siècle soumièrent à la discussion des mesures similaires à celles de la fin du 19^e siècle, ainsi que des élargissements du Rhin lacustre à Constance. Mais ils ne furent pas non plus réalisés (VISCHER 1989). En revanche, les berges furent remblayées et rehaussées à quelques endroits.

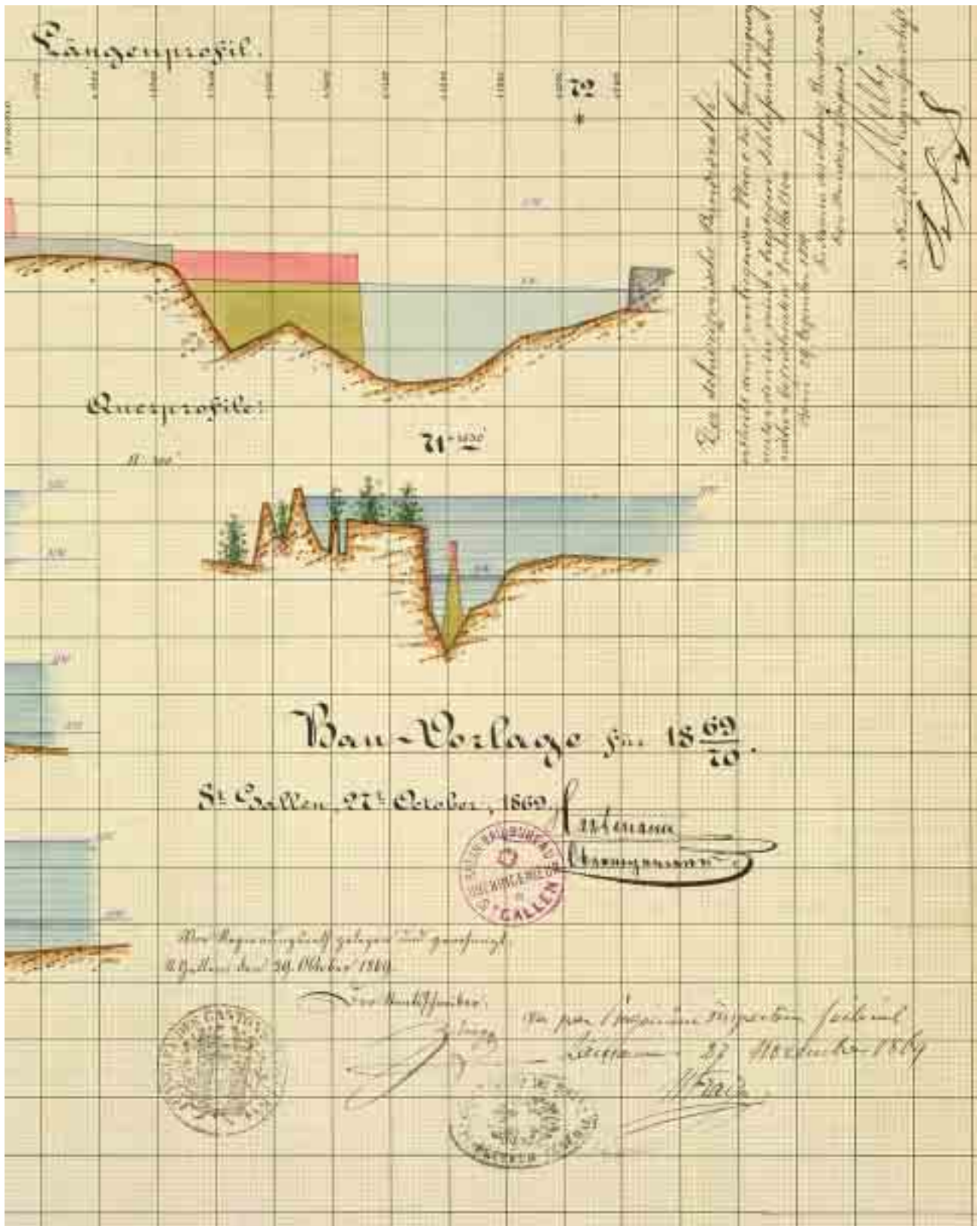


Fig. 197 Approbation d'un plan pour la correction du Rhin en 1869. Projet de construction (extrait) du 27 octobre pour un aménagement près d'Oberriet, signé par l'ingénieur en chef Hartmann. On y trouve les mentions d'approbation du Conseil d'Etat du canton de St-Gall (29 octobre), de l'inspecteur fédéral Fraisse (27 novembre) et du Conseil fédéral (29 décembre), cette dernière portant la signature du président de la Confédération Welti.

15 Evolution des tâches de la Confédération

15.1 La période jusqu'à la Restauration

L'ancienne Confédération suisse était une confédération d'Etats dont le territoire comprenait, outre les anciens cantons, des baillages communs. Ces Pays sujets étaient administrés par deux anciens cantons ou plus. Lorsqu'un problème de protection contre les crues survenait à l'intérieur d'un ancien canton, il le résolvait lui-même. Si plusieurs cantons ou baillages communs étaient affectés, la compétence incombait à la Diète fédérale, du moins en ce qui concernait la coordination entre les intéressés. Et si seul un baillage commun était touché, ce n'était généralement pas l'affaire de la Diète fédérale, mais d'une diète particulière, instituée uniquement par les cantons concernés.

Voici quelques exemples illustrant cette répartition des compétences. La déviation de la Kander entre 1711 et 1714 ne concernait que le canton de Berne, si bien qu'elle fut assumée par lui seul. En revanche, les débordements notoires du Rhin alpin sur la rive suisse touchaient les baillages fédéraux et les baillages communs de Sargans et du Rheintal (l'administration de ce dernier se trouvant à Rheineck) ainsi que, intercalés, le baillage glaronnais de Werdenberg et le baillage zurichois de Sax. En 1769, les plaintes au sujet du Rhin incitèrent la Diète fédérale à faire le tour de la situation. Elle chargea l'ingénieur-capitaine zurichois Hans Conrad Römer (1724–1779) de procéder à un levé du

«cours du Rhin dans l'ensemble du Rheintal, avec les ouvrages de défense, les digues et une situation exacte des localités qui se trouvent des deux côtés de celui-ci». La carte et le rapport en résultant débouchèrent sur une réglementation des ouvrages de défense édictée par la Diète, ce qui assura une certaine harmonisation des aménagements ultérieurs, sous la surveillance d'inspecteurs délégués à cet effet, nommés «Wuhrinspektoren» (WARTH 1990, KAISER 1990). Quant à l'extension des marécages dans la plaine de la Linth et la région de Walenstadt, elle affectait les cantons de Schwytz et de Glaris ainsi que les baillages communs d'Uznach et de Gaster, ce qui provoqua également l'intervention de la Diète fédérale. En 1783, elle chargea l'officier d'artillerie bernois Andreas Lanz (1740–1803) d'élaborer un projet d'assainissement, qu'il remit l'année suivante. Il comprenait en particulier la proposition du détournement de la Linth à travers le lac de Walenstadt.

La Diète fut dissoute à la suite de la Révolution française et de l'occupation de la Suisse par les troupes françaises. Le gouvernement central fut assuré dès 1798 par le Directoire de la République helvétique. Il fit expertiser la région de la Linth par son inspecteur général des ponts et chaussées, Jean-Samuel Guisan (1740–1800) d'Avenches, en 1799 déjà. Le projet de détournement de Lanz en fut conforté. Mais l'époque était trop défavorable à sa réalisation. Par ailleurs, le Directoire détermina ce qui suit dans un décret de fin 1799: «Tous les ouvrages érigés et entretenus jusqu'à ce jour sur les berges des rivières, etc., le seront à l'avenir par les communes, comme ce fut le cas jusqu'ici. Si une commune refuse d'accomplir les travaux auxquels elle était astreinte jusqu'ici, la Chambre administrative du canton concerné est tenue de les exécuter elle-même et de s'en faire rembourser le coût; si la commune pose des problèmes au moment de rembourser les dépenses consenties par la Chambre administrative, celle-ci adressera un rapport au Directoire, afin qu'il prenne les dispositions nécessaires pour faire respecter l'ordre intimé.» Au sein du Directoire, la compétence en la matière incombait au ministre de la guerre. Ayant critiqué l'état de l'aménagement des berges en Suisse et redouté des conséquences dommageables, il fut chargé en 1801 de «prendre, provisoirement et jusqu'à ce qu'une loi régle la question, les mesures qu'il jugerait les plus appropriées pour lutter contre tout ce qui pourrait entraver le libre cours des fleuves et des rivières ou endommager les biens-fonds riverains» (HUNGERBÜHLER 1854). On ignore si Hans Conrad Escher (1767–1823) de Zurich, qui fut ministre de la guerre pendant quelques mois au cours de cette période, prit part à ce décret. En 1803, la République helvétique fut supplantée par un système fédéraliste régi par l'Acte de Médiation.

Fig. 198 «Le cours du Rhin dans l'ensemble du Rheintal, avec les ouvrages de défense, les digues...». Carte de H. C. Römer, 1769.





Fig. 199 Vue de Ragaz vers l'aval, avec le Rhin pas encore corrigé (à droite) et la ligne peu élevée de partage des eaux avec la région de la Linth, derrière Sargans (à gauche). Dessin de F. Schmidt, gravure de F. Salathé, vers 1830.

La Diète fédérale, rétablie, décida en 1804 de réaliser la correction de la Linth comme ouvrage fédéral sous la direction d'Escher et de lui fournir un appui technique en engageant temporairement l'inspecteur des endiguements du Rhin du Grand-Duché de Bade Johann Gottfried Tulla (1770–1828). Mais, faute de moyens, le financement des travaux réalisés entre 1807 et 1816 fut assuré par l'émission d'actions. A part la correction de la Linth, la souveraineté sur les eaux revint aux cantons, qui furent explicitement rendus responsables de la police des cours d'eau et des berges. Mais le Landammann de la Suisse se vit octroyer le pouvoir de dépêcher si nécessaire des surveillants dans les cantons et, en cas d'urgence, d'ordonner des travaux aux frais de ceux qui sont tenus de les réaliser. Parmi ces derniers, on trouvait généralement les communes, comme auparavant – en premier lieu les communes riveraines et parfois aussi celles qui étaient situées en retrait (HUNGERBÜHLER 1854).

La Diète conserva ses compétences durant la période de la Restauration, qui succéda de 1815 à 1830. Informée du fait que le Rhin alpin risquait de déborder en direction du lac de Walenstadt, car il alluvionnait à Sargans, elle dépêcha une commission sur place en 1817. Hans Conrad Escher (1767–1823), Johann Heinrich Pestalozzi (1790–1857) et Salomon Hegner

(1789–1869) figuraient sans doute parmi les experts. Sur la base de leur rapport, les cantons directement concernés, bordiers ou situés à l'aval, soit les Grisons, St-Gall, Glaris, Schwytz, Zurich et Argovie, furent sommés d'agir. S'étant fait conseiller en 1819 par l'expert badois en aménagement fluvial Tulla, ils réussirent à s'entendre pour effectuer quelques mensurations, mais pas pour réaliser de véritables travaux (section 8.2).

15.2 La période suivant la Constitution fédérale de 1848

La Révolution de juillet 1830 à Paris mit un terme à la Restauration, également controversée en Suisse. Il s'instaura un processus de démocratisation et de libéralisation qui suscita d'importants changements, mais aussi de nombreuses confrontations, parfois armées. Il y eut finalement une vraie guerre civile – même si elle fut brève – dite guerre du Sonderbund. Aucune correction importante ne fut entreprise durant cette période troublée. Enfin, les différentes parties réussirent à s'entendre en 1848 sur une Constitution qui transformait l'ancienne confédération d'Etats en Etat fédéral.

S'agissant de l'aménagement des cours d'eau, on peut esquisser comme suit l'évolution amorcée lors de cette période (SFRD 1971): l'article 21 (puis 23) de la Constitution a conféré à la Confédération le droit d'«ordonner à ses frais ou encourager par des subsides les travaux publics qui intéressent la Suisse ou une partie considérable du pays». Elle fit usage de cette base légale pour contribuer dans une mesure décisive aux grandes corrections de rivières, et non les exécuter elle-même comme ce fut le cas pour les travaux de la Linth. Furent concernées au 19^e siècle:

- la correction du Rhin alpin, par décision de 1854;
- la correction des eaux du Jura, par décisions de 1857, 1863 et 1867;
- la correction du Rhône, par décisions de 1863 et 1870; et
- la correction du Tessin, par décisions de 1882, 1885 et 1887.

La Confédération invoqua la même base légale pour prendre part à la régularisation du lac Léman, par décision de 1885 (ZURBRÜGG 1965). Plusieurs cantons se dotèrent de leurs propres lois sur l'aménagement des cours d'eau à la même époque. Elles élargissaient généralement les droits et devoirs des cantons en matière de protection contre les crues, aux dépens des compétences communales.

En 1871, l'Assemblée fédérale, interprétant cet article constitutionnel dans une optique sectorielle, déclara que la correction et l'endiguement des torrents, ainsi que le reboisement des régions où ils prennent leurs sources étaient une tâche permanente d'intérêt national. Il en résulta nécessairement une nouvelle réglementation des compétences, qui s'exprima dans l'article 24 de la Constitution de 1874: «La Confédération a le droit de haute surveillance sur la police des endiguements et des forêts dans les régions élevées. Elle concourra à la correction et à l'endiguement des torrents, ainsi qu'au reboisement des régions où ils prennent leur source. Elle décrètera les mesures nécessaires pour assurer l'entretien de ces ouvrages et la conservation des forêts existantes» (JACCARD & SCHMID 1960).

Le Département fédéral de l'intérieur avait déjà réalisé un premier pas dans cette direction en instaurant l'Inspection fédérale des travaux publics au sein de sa Division des constructions en 1871 déjà. Il y nomma l'ingénieur en chef du canton des Grisons de l'époque, Adolf von Salis (1818–1891). En sus des affaires courantes (section suivante), von Salis fut chargé en 1874 de concevoir une loi fédérale sur la police des eaux dans les régions élevées. Celle-ci fut adoptée en 1877 par les Chambres fédérales. Abrégée loi sur la police



Fig. 200 Les crues de 1868, qui touchèrent une grande partie de la Suisse, exercèrent une influence déterminante sur la politique fédérale et cantonale en matière de protection contre les crues. Cette illustration du Rheintal montre des dégâts aux bâtiments à Burgerau près de Buchs, mais aussi que la ligne ferroviaire, construite en 1858, et la ligne télégraphique ont été coupées.

des eaux, elle inaugura une ère longue et fructueuse pour l'aménagement des rivières et des torrents suisses – non seulement dans les régions de montagne, mais dans tout le pays. La loi fédérale sur la police des forêts, entrée en vigueur en 1876, contribua également à assurer le reboisement nécessaire dans les bassins versants. Cette période n'est abordée que marginalement dans le présent ouvrage. En 1877 débute en effet le siècle décrit exhaustivement, à l'échelle de tout le pays, dans le document sur l'aménagement des cours d'eau édité en 1997 à l'occasion des «100 ans de loi fédérale sur la police des eaux» (SFRD 1977). Il n'y a pas lieu d'en répéter le contenu ici.

L'évolution des tâches de la Confédération s'est également traduite par la fondation de l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich (actuellement EPF Zurich). A son ouverture en 1855, elle comprenait cinq départements, dont deux sont particulièrement intéressants dans le présent contexte: l'école d'ingénieurs et l'école forestière. La première formait des ingénieurs

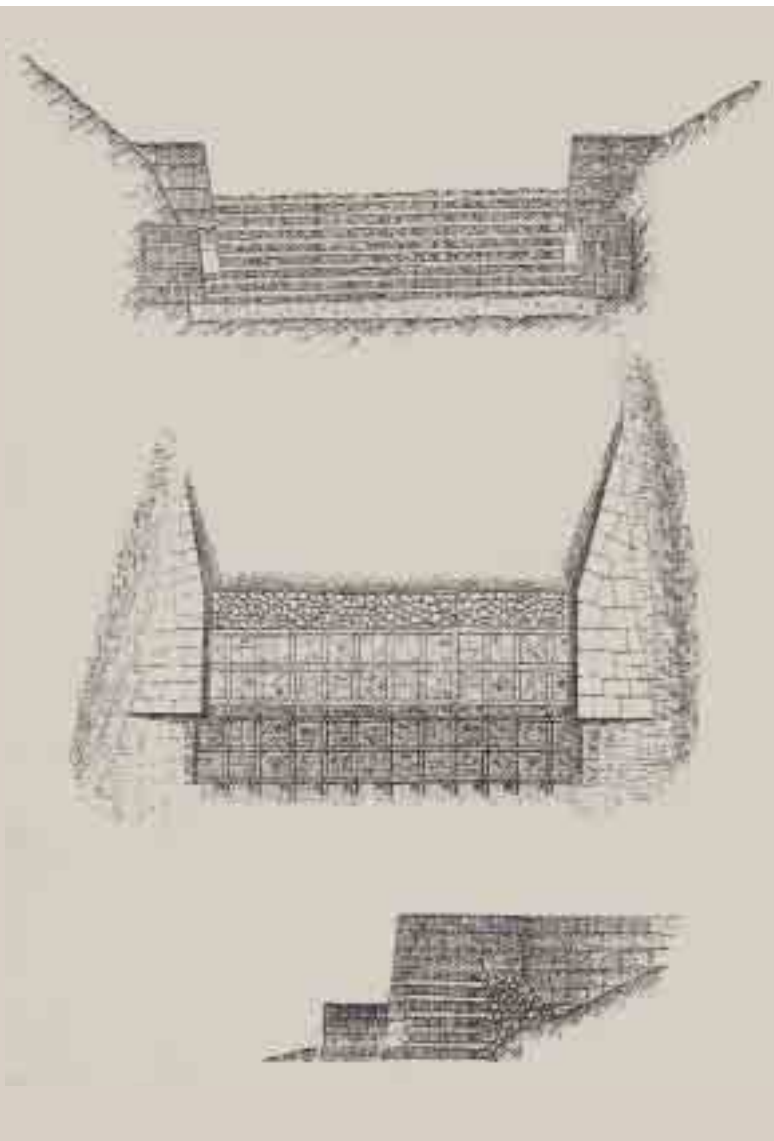


Fig. 201 Proposition de construction émanant de l'Inspection fédérale des travaux publics, en 1884: barrage en torrent formé de caissons en bois, avec des ailes en pierres.

spécialisés dans la construction de routes, de voies ferrées et de ponts, des ingénieurs hydrauliciens et des ingénieurs topographes, tandis que la seconde formait des ingénieurs forestiers. Cet ouvrage a déjà fait mention des premiers professeurs de ces départements, Carl Culmann (1821–1881) et Karl Pestalozzi (1825–1891) ainsi qu'Elias Landolt (1821–1896). Parallèlement à Landolt, le professeur François-Xavier Marchand (1799–1859) dispensa également un enseignement en langue française. Ainsi la Suisse disposa dès 1860, et surtout dès 1870, d'un nombre suffisant de personnes qualifiées pour aborder les problèmes posés par la protection contre les crues. Sans elles, la loi sur la police des forêts de 1876 et la loi

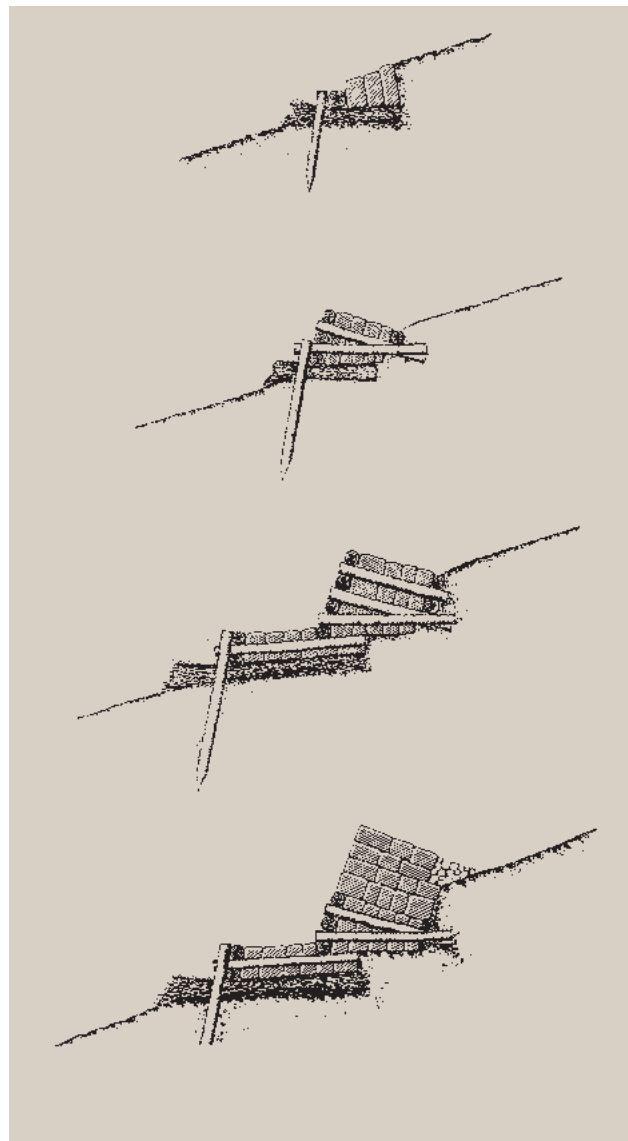


Fig. 202 «Types (d'ouvrages) pour aménager de petits ravins contre l'érosion», par l'Inspection fédérale des travaux publics, 1884.

sur la police des eaux de 1877 n'auraient certainement pas déployé les effets décrits ici.

15.3 Le premier inspecteur fédéral des travaux publics

Après l'entrée en vigueur de la Constitution de 1848, l'Administration fédérale fut dotée d'une Division des constructions. Rattachée jusqu'en 1860 au Département fédéral des postes et des travaux publics, elle passa ensuite au Département fédéral de l'intérieur. Elle se vit confier la haute surveillance des bâtiments

et des travaux publics concernant la Confédération. Mais elle était plutôt orientée vers les routes et les bâtiments de par sa composition. C'est pourquoi la Confédération faisait appel à des spécialistes externes – nommés inspecteurs fédéraux – pour assurer la haute surveillance des constructions hydrauliques. Parmi ces nombreux personnages, mentionnons les quelques experts suivants:

- William Fraisse (1803–1885) de Lausanne, pour la correction du Rhin alpin et des eaux du Jura;
- Richard La Nicca (1794–1883) de Sarn (GR), pour la correction du Tessin et des eaux du Jura;
- Friedrich Wilhelm Hartmann (1809–1874) de Dillingen (Bavière) puis de Rorschach, pour la correction du Rhône et du Tessin;
- Leopold Blotnitzki (1817–1879) de St-Petersbourg (actif comme ingénieur en Suisse dès 1852), pour la correction du Rhône.

Le professeur au Polytechnicum fédéral Carl Culmann (1821–1881) de Bergzabern (Palatinat) puis de Zurich, qui est apparu à plusieurs reprises dans cet ouvrage, peut aussi être compté au nombre des inspecteurs fédéraux. Il élaborait un véritable concept général de gestion des torrents suisses, sur mandat du Conseil fédéral, en 1864 (chapitre 12).

L'accroissement des tâches de la Confédération a donc suscité la création, en 1871, d'un poste d'inspecteur fédéral des travaux publics au sein de la Division des constructions et la nomination d'Adolf von Salis (1818–1891) de Coire à cette fonction. Il s'était illustré dans maintes constructions routières et hydrauliques dans le canton des Grisons, et surtout lors de la correction du Rhin postérieur et de l'aménagement de la Nolla. Sa vaste expérience lui permit d'assumer une grande partie des travaux pour lesquels on avait fait appel auparavant à des inspecteurs fédéraux. Il exerça dès lors une influence directe et prépondérante sur tous les projets d'aménagement de cours d'eau et sur les réalisations qui s'ensuivirent.

La responsabilité de la Confédération et de son inspecteur des travaux publics crût notablement dès l'entrée en vigueur en 1877 de la loi sur la police des eaux.

Ainsi, von Salis et sa petite équipe gagnèrent en importance. Outre ses tâches spécialisées, cette unité – dont l'abréviation OBI, pour Oberbauinspektorat, devint vite un label de qualité – instruisait également des praticiens. Pour cela, elle utilisa entre autres ces magnifiques volumes in-quarto, pourvus d'illustrations très parlantes:

- VON SALIS, 1884: De l'aménagement des eaux en Suisse: organisation, travaux exécutés et systèmes

de construction (version allemande éditée à l'occasion de l'Exposition nationale de 1883);

- OBI, 1891: La correction des torrents en Suisse, première livraison;
- OBI, 1892: La correction des torrents en Suisse, deuxième livraison.

Ils parurent d'abord en allemand, et six à douze mois plus tard en français. Certains de leurs chapitres sont rédigés comme des manuels et d'autres décrivent avec clarté les corrections de rivières et les aménagements de torrents les plus récents. Aussi suscitèrent-ils également de l'intérêt à l'étranger (WANG 1903). Cet outil d'instruction technique fut aussi utilisé, et perfectionné, à partir de 1891 par l'inspecteur fédéral suivant, Albert von Morlot (1846–1931) de Berne. Reste à signaler que le Bureau central suisse d'hydro-métrie fut subordonné à l'Inspection fédérale des travaux publics en 1897 (SFRD 1971). Il avait été intégré au sein de l'Etat et rattaché à la Division des constructions en 1872. Un peu plus tard, en 1906, il se développa pour devenir une unité autonome de la Confédération sous le nom de Service hydrologique national. Rebaptisé Division de l'économie des eaux en 1915, il donna naissance à l'Office fédéral de l'économie des eaux en 1918, puis à l'Office fédéral des eaux et de la géologie actuel (STAMBACH 1972, KASSER 1987, FURRER 1996).

Bibliographie

- ACKERMANN, J. (1971): *Der verschupfte Surenenknab und seine Spiessgefährten*. – Zum 60jährigen Bestehen der Aawasserkorporation Buochs-Ennetbürgen. Eigenverlag, Buochs.
- AMMANN, J.F. (1993): *Knopflis Pioniertat frühester Flussbaukunst*. – Zuger Neujahrsblatt 1998. Hrsg. Gemeinnützige Gesellschaft Zug, 39–49, Zug.
- ASF (1977): *Hochwasserschutz in der Schweiz, 100 Jahre Bundesgesetz über die Wasserbaupolizei*. – Eidg. Amt für Strassen- und Flussbau, Bern.
- BARRAUD, E. (1888): *Les tunages du Rhône à Bex*. – Bull. Soc. vaudoise des ingénieurs et des architectes 14, 7, 113–118.
- BAUDIREKTION ZH (1867): *Bericht der Direktion der öffentlichen Arbeiten an den Regierungsrath betreffend die Glattkorrektur*, signiert von Hagenbuch.
- BAUMANN, M. (1977): *Stilli, von Fährlenten, Schiffern und Fischern im Aargau*. Eigenverlag, Stilli.
- BECK, P. (1938): *Die Kander, ihre Ableitung in den Thunersee 1713; 25 Jahre Kanderkies AG. Thun, 1913–1938*. Geschäftsblatt AG, Thun.
- BECKER, F. (1911): *Das Linthwerk und seine Schöpfer*. – Jahresbericht der geographisch-ethnographischen Gesellschaft in Zürich, 1–32, Zürich.
- BERGMEISTER, U. & LEIPOLD-SCHNEIDER, G. (2000): *Umstritten und freudig begrüsst – 100 Jahre Fussacher Durchstich 1900–2000*. – Vierteljahrschrift für Geschichte und Gegenwart Vorarlbergs 52, 1, 49–80.
- BERGMEISTER, U. (1989): *Die Rheinregulierung von der Illmündung bis zum Bodensee*. – Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik 1, 23–28.
- BERTSCHI, H. (1936): *Die Abflussregulierung des Zürichsees*. Wasser- und Energiewirtschaft 28, 2, 11–12; 3, 29–33.
- BERTSCHI, H. (1952): *Die Zürichseeregulierung*. Wasser- und Energiewirtschaft 44, 10/11, 191–206.
- BETANT, A. (1841): *Puits, Fontaines et Machines hydrauliques de l'ancien Genève*. Ed. Journal de Genève, Genève.
- BINGGELI, V. (1983): *Geografie des Oberaargaus*. – Jahrbuch des Oberaargaus, Sonderband 3, Langenthal.
- BIRCHER, S. (1992): *Die Malaria im St. Galler Rheintal*. In: INTERNATIONALE RHEINREGULIERUNG: Der Alpenrhein und seine Regulierung, 120–126. – Buchsdruck, Buchs.
- BISCHOFF, A. (2002): *Fluss- und Wildbachverbauungen zur Zeit La Nicca's und heute*. Entwurf zu einem Beitrag in: Klinik Beverin: Richard La Nicca, Bilder der Baukunst, Cazis.
- BLEULER, L. (1845): *Les vues les plus pittoresques des Bords du Rhin depuis ses sources jusqu'à son embouchure dans la mer*. Edition à compte d'auteur, Schaffhouse.
- BOTOMINO, M. (1977): *Basel-Landschaft*. In: EIDGENÖSSISCHES AMT FÜR STRASSEN- UND FLUSSBAU: *Hochwasserschutz in der Schweiz* (ASF 1977), 104–106, Bern.
- BRÄNDLI, D. (1998): *Mit Bäumen gegen Fluten; Überschwemmungsrisiko und Forstwesen während des 18. und 19. Jahrhunderts*. Lizentiatarbeit, Universität Bern (unveröffentlicht).
- BRASCHLER, H. (1967): *Die Meliorationen im St. Galler Rheintal*. – Terra Grischuna 26, 5, 238 ff.
- BRETSCHER, R. (1952): *Die Glatt und die Glattkorrekturen*. In: GEMEINDE WALLISELLEN: *Geschichte der Gemeinde Wallisellen*, Eigenverlag, Wallisellen, 284–290.
- BÜHLMANN, J. (1960): *600 Jahre Reusschwelle – 100 Jahre Nadelwehr*. Luzerner Neuste Nachrichten, Luzern, 4. Juni.
- BVIA (1882): *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*. – Bull. Soc. vaudoise des ingénieurs et des architectes, 8, 1, 5–11; 2, 17–24.
- BVIA (1886): *Régularisation du niveau du lac Léman et utilisation des forces motrices du Rhône à Genève*. – Bull. Soc. vaudoise des ingénieurs et des architectes, 13, 1, 1–4; 3, 22–24.
- BVIA (1889): *Bibliographie: Die Wildbach- und Flussverbauung nach den Gesetzen der Natur. La correction des torrents et rivières d'après les lois de la nature*. Par A. Schindler-Rochat. *Buchbesprechung* in Bull. Soc. vaudoise des ingénieurs et des architectes, 15, 1, 136.
- BWW (1983): *Seen und Talsperren*. – Wasser, Energie, Luft 75, 1/2, 14–25.
- CARMODY, T. & KOBUS, H. (1968): *Hydrodynamics, Daniel Bernoulli, Hydraulics, Johann Bernoulli*, translated from the Latin. – Dover, New York.
- CATTANI, A. (2001): *Landwehrhauptmann und Sozialist, Karl Bürkli, zum 100. Todestag eines Originals*. Neue Zürcher Zeitung 243, 45.
- CAVELTI HAMMER, M. & BRANDENBERGER, R. (1996): *Das Linthwerk (1807–1822)*. – Cartographica Helvetica, H. 14, 11–19.
- CHANTRE, D. (1860): *Rapport sur les inondations du Haut Valais dans l'année 1860*. Ramboz et Schuchardt, Genève.
- CHAPPUIS, J. (1886): *Régularisation du niveau du lac Léman et utilisation des forces motrices du Rhône à Genève*. Résumé de conférence. Bull. Soc. vaudoise des ingénieurs et des architectes, 13, 1, 1–4 et 3, 22–24.
- CHAVAZ, F. & GYGAX, S. (1960): *La régularisation des lacs au cours du dernier demi-siècle*. – Cours d'eau et énergie 52, 3, 42–44.

- CHAVAZ, F. & LANKER, E. (1958): *Die Regulierung der Seen im Einzugsgebiet der Reuss*. – Wasser- und Energiewirtschaft 50, 8/9, 209–225.
- COMTESSE, A. (1920): *L'inondation de Monthey 1726 et la percée du Château-Vieux*. Annales valaisannes 4, 3/4, 76–111.
- CULMANN, C. (1858): *Die Correction der Juragewässer*. Schweizerische Polytechnische Zeitschrift, 3, 8–60, Winterthur.
- CULMANN, C. (1864): *Bericht an den hohen schweizerischen Bundesrath über die Untersuchung der schweiz. Wildbäche, vorgenommen in den Jahren 1858, 1859, 1860 und 1863*. Zürich.
- DAVATZ, J. (1990): *Die Linthkorrektion, ein erfolgreiches und merkwürdiges Bauwerk*. – Zeitschrift Glarnerland/Walensee, Glarus.
- DAVATZ, J. (1991): *Die Linthkorrektion – das erste Nationalwerk der Schweiz*. In: DAVATZ, J.; *Glarus und die Schweiz; Streiflichter auf wechselseitige Beziehungen*. – Bäschlin, Glarus, p. 183–190.
- DAVATZ, J. (2002): *Tagwenvogt Conrad Jenny aus Niederurnen (1800–1870)*. Briefliche Mitteilung vom 9.4.
- DE BÉLIDOR, B.F. (1737–1753): *Architecture Hydraulique*, 2/2, Paris.
- DE BÉLIDOR, B.F. (1740): *Architektura Hydraulica*. 1, Georg Mertz, Augsburg.
- DE KALBERMATTEN, G. (1985): *L'évolution dans la conception des barrages en torrents en Valais*. Ingénieurs et architectes suisses 111, 7, 95–108.
- DE WOLFF, J. (1977): *Valais*. In: SERVICE FÉDÉRAL DES ROUTES ET DES DIGUES: *Protection contre les crues en Suisse (SFRD 1977)*, 161–168, Berne.
- DESOR, E. (1870): *La correction des eaux du Jura*. – Le Rameau de Sapin, Organe du Club Jurassien, nov., 1–2.
- DFI (1896): *Exposition nationale suisse de 1896 à Genève. Catalogue spécial de l'exposition collective de la Confédération suisse et des cantons concernant les entreprises de corrections fluviales, d'endiguements de torrents, de dessèchements et de construction de routes*. Stämpfli, Berne.
- DFI (1964): *La correction du Rhône en amont du Léman*. OCFIM, Berne.
- DIERX, W. & GARBRECHT, G. (2001): *Wasser im Heiligen Land; biblische Zeugnisse und archäologische Forschungen*. Hrsg. Frontinus Gesellschaft, Köln. – Philipp von Zabern, Mainz.
- DIETLER, H. (1868): *Über die Regulierung der Emme und Birs im Kanton Solothurn*. Bericht an den Regierungsrat, Solothurn.
- DUCHOUD, P. (1998): *Le temps des barques*. Cabédita, Yens/Morges.
- DUILE, J. (1826): *Über Verbauung der Wildbäche in Gebirgs-Ländern, vorzüglich in der Provinz Tirol und Vorarlberg*. Innsbruck.
- DUILE, J. (1841): *Bericht und Anträge des Herrn J. Duile ... an Landammann und Rath des Kantons Glarus über den Untersuch der Wild- und Gebirgsbäche im Kanton Glarus*. Glarus.
- EGLI, A. (1978): *Küsnacht und sein mörderischer Dorfbach; die Überschwemmung vom 8. Juli 1778*. Küssnacher Jahresblätter 1978, 3–17.
- EHB (Eidgenössisches Hydrometrisches Bureau, 1907): *Die Entwicklung der Hydrometrie in der Schweiz*. – Eidgenössisches Departement des Innern, Bern.
- EHRSAM, E. (1974): *Zusammenfassende Darstellung der beiden Juragewässerkorrekturen, ausgeführt in den Jahren 1868–1891 und 1962–1973*. – Interkantonale Baukommission der II. Juragewässerkorrektion (ohne Ortsangabe).
- ELSKES, E. (1894): *Rupture des ponts métalliques, étude historique et statistique*. – Bull. Soc. vaudoise des ingénieurs et des architectes 20, 8, 139.
- ESCHER, A. (1852): *Escher als Gebirgsforscher*. In: HOTTINGER, J.J.: *Hans Conrad Escher von der Linth*, – Orell Füssli & Cie., Zürich; Neuauflage 1994 – Linth Escher Gesellschaft, Mollis, 369–406.
- ESCHER, H.C. (1804): *Bericht über die Versumpfungen am Wallen-See, ihre Ursachen und die Mittel dagegen*. Beilage 2 in: *Aufruf an die Schweizerische Nation zur Rettung der durch Versumpfungen ins Elend gestürzten Bewohner der Gestade des Wallen-Sees und des unteren Linth-Thales*, 1807 (Verfasser Escher, H.C. und Ith, J.).
- EXPERTENKOMMISSION ZÜRICH (1898): *Bericht der Expertenkommission zur Prüfung der Frage der Ableitung des Wildwassers der Sihl in den Zürich- oder Zugersee*, Zürich, 27. Juli (Staatsarchiv).
- EXPERTENKOMMISSIONEN (1868): *Die Berichte der Expertenkommissionen über die Ursachen und den Betrag des durch die Überschwemmungen im Jahr 1868 in den Kantonen Uri, St. Gallen, Graubünden, Tessin und Wallis angerichteten Schadens*. Hrsg. Schweiz. Bundesrat, Bern.
- EYTELWEIN, J.A. (1818): *Praktische Anweisung zur Bauart der Faschinenwerke und der dazu gehörigen Anlagen an Flüssen und Strömen*. Berlin.
- FABRE, J.-A. (1797): *Essai sur la théorie des torrents et des rivières*. Paris.
- FANKHAUSER, F. (1897): *Forstliche Reiseskizzen aus dem mittäglichen Frankreich*. Zeitschrift für das schweizerische Forstwesen, 9–21, 49–61, 152–161, 191–200, 307–314, 355–363, 421–430.
- FELCHLIN, M. (ohne Datum): *Der Bergsturz von Goldau*. Orientierungsblatt des Bergsturz museums Goldau, Goldau.

- FRAISSE, W. (1875): *Note sur une écluse de colmatage*. – Bull. Soc. vaudoise des ingénieurs et des architectes, 1, 6–8, Lausanne.
- FRASCHINA, C. (1866): *Relazione sulla sistemazione del fiume Ticino da Biasca al Lago Maggiore*. Rapport du Département de la construction du canton du Tessin, Lugano.
- FREY, A.A. (1954): *Von der I. zur II. Juragewässer-Korrektion*. – Eigenverlag Twann (mit Federzeichnungen von Armin Bieber).
- FREY, H. (1974): *Das Küssnachter Tobel und die Verbauungen des Küssnachterbaches nach den Überschwemmungen von 1778 und 1878*. Küssnachter Jahresblätter 1974, 28–39.
- FURRER, CH. (1996): *Carl Mutzner, Vorkämpfer für die Gewässerhoheit der Kantone*. Wasser, Energie, Luft 88, 5/6, 125–126.
- GAGGETTA, S. (1946): *60 anni del consorzio del fiume Ticino (1886–1946)*. Arturo Salvi, Bellinzona.
- GEISER, K. (1914): *Brienzersee und Thunersee, Historisches und Rechtliches*. – Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband, Publikation 2, Bern.
- GIACASSO, P. (1987): *L'usine des Forces motrices de la Coulouvrenière a 100 ans*. – Gaz, Eaux, Eaux usées 67, 1, 31–34.
- GLAUSER, F. (1978): *Zur Verfassungstopographie des mittelalterlichen Luzern*. In: WICKI H. & andere: *Luzern 1178–1978*, Beiträge zur Geschichte der Stadt. Stiftung Stadtjubiläum 800 Jahre Luzern, Luzern, 53–60.
- GOLDER, E. (1984): *1884–1984: 100 Jahre Birschwiler Neue Welt; die Geschichte eines Bauwerks*. – Baudepartement Basel-Stadt, Tiefbauamt, Basel.
- GOLDER, E. (1991): *Die Wiese, ein Fluss und seine Geschichte*. – Baudepartement Basel-Stadt, Tiefbauamt, Basel.
- GONIN, L. (1890): *Mémoire sur la correction fluviale de la Broye*. Impr. A. Borgeaud, Lausanne.
- GONIN, L. (1890): *Visite d'un ingénieur suisse aux travaux de reboisement des Alpes françaises*. Bull. Soc. vaudoise des ingénieurs et des architectes, 16, 3 et 4, 207–215.
- GÖTZ, A. (1983): *Gewässerkorrekturen im Wandel der Zeit*. In: PRO AQUA: *Die Geschichte der Gewässerkorrekturen und der Wasserkraftnutzung in der Schweiz*. (Bd. 9E, p. 2.1–2.16), – Eigenverlag, Basel.
- GÖTZ, A. (1988): *Die Mündung des Alpenrheins im Wandel der Zeit*. – Schweizer Journal, September, 16–18.
- GÖTZ, A. (2002): *Hochwasserschutzkonzepte gestern – heute – morgen*. In: PFISTER, CH.: *Am Tag danach*. Verlag Paul Haupt, Bern, 197–208.
- GRAF, H.J. (1898): *Beitrag zur Geschichte der Verbauung der Emme im Kanton Bern*. Fischer, Münsingen.
- GRICHTING, A. (1990): *Das Oberwallis 1840–1990*. Rotten-Verlag, Brig.
- GRIM, J. (1995): *Die «alte Rheinmühle» in Konstanz und ihre Wirkung als Regulierwehr*. Schriftenreihe der Frontinus-Gesellschaft, H. 19, Bonn.
- GROSJEAN, G. (1971): *500 Jahre Schweizer Landkarten*. Orell Füssli, Zürich.
- GROSSI, P. (1986): *Vita di un fiume*. A. Salvioni & Co., Bellinzona.
- GROSSNIKLAUS, H. (1957): *Wilderswil*. Berner Heimatbücher. Verlag Paul Haupt, Bern.
- GRÜNIG, A. (1988): *Zum Wandel der Flusslandschaft in der aargauischen Reusstalebene*. – Jahresbericht 1987 der Stiftung Reusstal, 29–43, Rottenschwil.
- GUTE SCHRIFTEN (1958): *Die Wassernot im Emmental von Jeremias Gotthelf*. Nr. 14, Nachdruck (die Emmeschlange als Titelbild).
- HAGEN, G. (1844): *Handbuch der Wasserbaukunst*, Zweiter Theil, Die Ströme. Borntträger, Königsberg. Erster Bd., Kapitel 69.
- HANTKE, R. (1992): *Die Entstehungsgeschichte des Alpenrheintals*. In: INTERNATIONALE RHEINREGULIERUNG: *Der Alpenrhein und seine Regulierung*, 20–30, Buchsdruck, Buchs.
- HÄRRI, R. (1978): *Die Glatt und ihre Korrektion von Niederglatt bis zum Rhein*. Turicum, Sommerheft, 37–41.
- HÄRRY, A. (1918): *Die Regulierung des Vierwaldstättersees*. Mitteilungen des Reussverbandes 4, Teil 1, 24–27. Anhang zur Schweizerischen Wasserwirtschaft, 10, 17/18.
- HASSLER, H. (1977): *Zug*. In: EIDGENÖSSISCHES AMT FÜR STRASSEN- UND FLUSSBAU: *Hochwasserschutz in der Schweiz* (ASF 1977), 89–92, Bern.
- HAURI, C. (1958): *Entwässerung der Reusebene zwischen Mühlau und Rottenschwil*. – Wasser- und Energiewirtschaft 8/9, 264–266, Baden.
- HÄUSLER, F. (1968): *Das Emmental im Staate Bern bis 1798*. – Schriften der Berner Burgerbibliothek, Bd. 2, 238–247, Bern.
- HEER, A. (1992): *Die Dienstbahn*. In: INTERNATIONALE RHEINREGULIERUNG: *Der Alpenrhein und seine Regulierung*, Buchsdruck, Buchs, 247–256.
- HOFMANN, H. (1950): *Die Aare- und Zug-Korrektion*. Monographie, Bern (ohne Datumsangabe, aber offenbar um 1950 verfasst).
- HONSELL, M. (1878): *Die Rhone-Korrektion im Kanton Wallis*. – Allgemeine Bauzeitung (Foersterns Bauzeitung) 43, 61–66.
- HÖPFLINGER, F. (1986): *Bevölkerungswandel in der Schweiz*. – Rügger, Grünsch, p. 14.
- HOTTINGER, J.J. (1852): *Hans Conrad Escher von der Linth, Charakterbild eines Republikaners*. – Orell, Füssli u. Cie, Zürich: Neuauflage 1994, Linth Escher Gesellschaft, Mollis.

- HUBER, FR. (1941): *Die Emme und ihre Ufer*. Sonderdruck aus Burgdorfer Jahrbuch 1941, Burgdorf.
- HÜGLI, A. (2002): «*Die Schlange im eigenen Busen nähren*». *Die Korrektion der Aare zwischen Thun und Bern im 19. Jahrhundert*. Lizentiatsarbeit in Schweizer Geschichte, Universität Bern (unveröffentlicht).
- HUNGERBÜHLER, J.M. (1854): *Denkschrift über den Uferschutz am Rhein und die neuesten Bestrebungen für eine durchgreifende Stromregulierung von Ragaz bis zur Mündung des Rheins in den Bodensee*. Huber und Komp., St. Gallen und Bern, 1854.
- INGENSAND, H. (1992): *2000 Jahre Theodolit: von Heron bis Heinrich Wild*. – Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik 3, 128–140.
- INKU (1997): *Le Rhône genevois et ses sites industriels*. – Bulletin de l'Association suisse d'histoire de la technique et du patrimoine industriel, avril.
- JACCARD, A. & SCHMID, W. (1960): *Aperçu rétrospectif des corrections exécutées sur nos cours d'eau*. – Cours d'eau et énergie 52, 8/9/10, 300–305.
- JACCARD, A. (1955): *La régularisation du lac Léman*. – Cours d'eau et énergie 47, 5/6/7, 121–124.
- JAEGER, CH. (1949): *Technische Hydraulik*. – Birkhäuser, Basel.
- JASMUND, R. (1911): *Fliessende Gewässer*. In: BUBENDEY, J.F.: *Der Wasserbau*, III. Teil des Handbuchs der Ingenieurwissenschaften, Erster Band: Die Gewässerkunde. Wilhelm Engelmann, Leipzig.
- KAISER, K. (1990): *Ignaz Venetz im Dienste der Eiszeitforschung*. In: NATURFORSCHENDE GESELLSCHAFT OBERWALLIS: *Ignaz Venetz 1788–1859*. Rotten Verlag, Brig, 53–124.
- KAISER, M. (1990a): *Rheinkarten und Rheinpläne aus 375 Jahren; eine Landschaft im Wandel*. – Werdenberger Jahrbuch 3, 30–43, Historisch-Heimatkundliche Vereinigung des Bezirks Werdenberg, Buchs.
- KAISER, M. (1990b): *Hans Conrad Römers Rheingutachten von 1769*. – Werdenberger Jahrbuch 3, 44–67, Historisch-Heimatkundliche Vereinigung des Bezirks Werdenberg, Buchs.
- KAISER, M. (1990c): *Hochwasser und Überschwemmungen am Alpenrhein*. – Werdenberger Jahrbuch 3, 67–77, Historisch-Heimatkundliche Vereinigung des Bezirks Werdenberg, Buchs.
- KAISER, M. (1992): *Die alten Rheindörfer*. In: INTERNATIONALE RHEINREGULIERUNG: *Der Alpenrhein und seine Regulierung*, 67–74. – Buchsdruck, Buchs.
- KAISER, M. (1992b): *Industrialisierung und Rheinkorrektion im St. Galler Rheintal*. In: INTERNATIONALE RHEINREGULIERUNG: *Der Alpenrhein und seine Regulierung*, 103–111. Buchsdruck, Buchs.
- KAISER, M. (2002): *Alpenrhein und Landschaftswandel*. Manuskript für ein Kapitel in der neuen St. Galler Kantonsgeschichte.
- KAPPEL, H. (1987): *Gedanken über die zum Bau des Canal d'Entreroches im 17. Jahrhundert erforderlichen Messinstrumente*. In: Canal d'Entreroches. – Cahier d'archéologie romande (33, p. 99–106), Lausanne.
- KÄPPEL, R. (1969): *Eine Talschaft in Bedrängnis*. Zeitschrift Plan, 26, 5, 145–148.
- KASSER, P. & SCHNITTER, G. (1967): *Hydrologie*. In: THAMS, J.C.: *The Development of Geodesy and Geophysics in Switzerland* (p. 84–93). – Berichtshaus, Zürich.
- KASSER, P. (1987): *Lütschg, Otto, Hydrologe, Glaziologe*. In: NEUE DEUTSCHE BIOGRAPHIE, Bayerische Akademie der Wissenschaften, Bd. 15.
- KNÄBLE, K. (1970): *Tätigkeit und Werk Tullas*. – Badische Heimat 50, 4, 450–465.
- KNOBEL, A. (1977): *Uri*. In: EIDGENÖSSISCHES AMT FÜR STRASSEN- UND FLUSSBAU: *Hochwasserschutz in der Schweiz* (ASF 1977), 58–63, Bern.
- KOBELT, K. (1922): *Walenseeregulierung*. Linth-Limmat-Verband, Mitt. 6, 37–40; 7, 41–47 (Anhang zu Schweiz. Wasserwirtschaft, Jg. 14).
- KOCH, K. (1826): *Bericht der Schwellen-Commission ... über die Correction der Aar von Thun bis Bern*. – Stampfli, Bern.
- KOELLA, E. (1988): *Die internationale Rheinstrommessung bei Basel, vorgenommen am 6.–13. November 1867*. In: LANDESHYDROLOGIE UND -GEOLOGIE: *125 Jahre Hydrometrie in der Schweiz*. – Mitteilungen 9, 109–122, Bern.
- KOENIG, F. (1992): *Der Staatsvertrag Schweiz – Österreich von 1892*. In: INTERNATIONALE RHEINREGULIERUNG: *Der Alpenrhein und seine Regulierung*, Buchsdruck, Buchs, 172–189.
- LA NICCA, R. (1881): *Hydrotechnisch-finanzielle Baubeschreibung der Juragewässerkorrektion*. In: SCHNEIDER 1881: *Das Seeland der Westschweiz und die Korrektion seiner Gewässer*. – Krebs, Bern, 175–208.
- LAMBERT, A. (1986): *Die ersten Schritte auf dem Weg zur Genfersee-Regulierung*. Wasser, Energie, Luft 78, 1/2, 25–28.
- LAMBERT, A. (1988): *Jaugeages du Rhône à Genève précédant la régularisation du Léman*. In: SERVICE HYDROLOGIQUE ET GÉOLOGIQUE NATIONAL: *125 ans d'hydrométrie en Suisse*. – Communication n° 9, 163–174, Berne.
- LAMBERT, A. (1989): *Das Delta der Grossen Melchaa im Sarnersee*. Wasser, Energie, Luft 81, 61–64.
- LANDOLT, E. (1862): *Bericht an den hohen schweizerischen Bundesrath über die schweizerischen Hochgebirgswaldungen, vorgenommen in den Jahren 1858, 1859 und 1860*. Fiala, Bern.

- LAUTERBURG, R. (1877): *Über den Einfluss der Wälder auf die Quellen- und Stromverhältnisse der Schweiz*. K.J. Wyss, Bern.
- LEGLER, G.H. (1856): *Die Verbauung der Rüfiruns bei Mollis*. – Schweizerische Polytechnische Zeitschrift, 1, 10–12.
- LEGLER, G.H. (1868): *Über das Linthunternehmen*. In: Hydrotechnische Mitteilungen über Linthkorrektur, Runsenbauten, Zürichsee-Regulierung usw. – Frid. Schmid, Glarus, 1–22.
- LEUPOLD, J. (1724): *Schauplatz der Wasser-Bau-Kunst*. Zunkel, Leipzig.
- LEUPOLD, J. (1735): *Schauplatz der Mühlen-Bau-Kunst*. W. Deer, Leipzig.
- LICHTENHAHN, C. (1987): *100 Jahre Tessinkorrektur und weitere flussbauliche Aufgaben*. – Wasser- und Energiewirtschaft 79, 5/6, 102–105.
- LINTH ESCHER GESELLSCHAFT (1993): *Das Linthwerk*. – Monographie, Mollis (mit einem Nachdruck zweier Dokumente: Aufruf an die Schweizerische Nation von 1807 und Das Linththal, wie es war und wie es jetzt ist von 1821).
- LINTH ESCHER GESELLSCHAFT (2000): *Schindler, Escher und das «Haltly»*. – Baeschlin, Glarus.
- LÜTHI, H. (2001): *Die Limmat und das Dorf Dietikon; die Jugenderinnerungen des Jakob Grau*. Altberg, Weiningen.
- LÜTSCHG, O. (1926): *Über Niederschlag und Abfluss im Hochgebirge, Sonderdarstellung des Mattmarkgebietes*. Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband, Schrift 14, Zürich.
- MAAG, CH. (1989): *Zürich und sein Linthwerk*. Zürcher Chronik Nr. 2, 56–59.
- MEIER, P. (1885): *Die Linthebene*. Unveröffentlichtes Vortragsmanuskript der Linthverwaltung, Lachen.
- MEISTER, R. (1981): *Albert Anker und seine Welt*. Verlag Zytglogge, Bern, 79.
- MEYER, O., PFAMMATTER, C., EYER, E., WERLEN, M. (1997): *Saltina-Hubbrücke in Brig-Glis*. Schweizer Ingenieur und Architekt, 50, 4–8.
- MOHR, J. (1842): *Der Vierwaldstätter-See und die Thalsperre oder Reusschwelle zu Luzern*. Xaver Meyer, Luzern.
- MOROSOLI, R. (2001): *Entwurf für eine Geschichte des Ägeritales, ein Gemeinschaftswerk aller Ägerer Gemeinden* (in Vorbereitung).
- MÜHLBERG, F. (1887): *In Sachen der Correction Böttstein-Rhein*. Schweizerische Bauzeitung IX, 22, 134–136.
- MÜLLER, R. (1973): *Über die Wasserstände der Juraseen*. In: SCHWAB, H. & MÜLLER, R.: *Die Vergangenheit des Seelandes im neuen Licht*. Universitätsverlag Freiburg, 154–176.
- NAEF, H.R. (1993): *125 Jahre Wasserversorgung der Stadt Zürich*. Zürcher Chronik 2, 10–14.
- NEUMANN, K. (1979): *Projekt wie die Inundation zu Thun und dortigen Seeörthern zu verhindern*. – Wasser, Energie, Luft 71, 9, 177–183.
- NOSEDA, I. (2000): *Die Eroberung der Schweizer Talböden*. – Werk, Bauen und Wohnen, H. 1/2, 34–41.
- NOSEDA, I. (2001): *Die grosse Landnahme zu Lasten der Gewässer im 19. Jahrhundert: am Beispiel der Linthkorrektur*. – Cartographica Helvetica, H. 23, 27–34.
- NOSEK, TH. (1881): *Über Regulierung von Gebirgsflüssen und Anlage von Thalsperren in Baiern und in der Schweiz, Reisebericht*. Carl Winiker, Brünn.
- NOVERRAZ, J. (1977): *Vaud*. In: SERVICE FÉDÉRAL DES ROUTES ET DES DIGUES: *Protection contre les crues en Suisse* (SFRD 1977), 157–160, Berne, 157–160.
- OBI (1891): *La correction des torrents en Suisse*. Inspection fédérale des travaux publics, première livraison, Berne.
- OBI (1892): *La correction des torrents en Suisse*. Inspection fédérale des travaux publics, deuxième livraison, Berne.
- OBI (1914): *Corrections de torrents et endiguements de rivières en Suisse*. Inspection fédérale des travaux publics, troisième livraison, Berne.
- OBI (1916a): *Corrections de rivières torrentielles en Suisse*. Inspection fédérale des travaux publics, quatrième livraison, Berne.
- OBI (1916b): *Corrections de rivières en Suisse; Aar entre le lac de Thoune et le lac de Bièvre*. Rösch und Schatzmann, Berne.
- ÖBLF (1984): *100 Jahre Wildbachverbauung in Österreich, 1884–1984*. Österreichisches Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft (ÖBLF), Wien.
- OSPELT, A. (1990): *Die Rheinkorrektur entlang der st. gallisch-liechtensteinischen Grenze*. Werdenberger Jahrbuch 3, 104–107. Historisch-Heimatkundliche Vereinigung des Bezirks Werdenberg, Buchs.
- OSTSCHWEIZ (1967): *Das Tal des Rheins*. Arbeitshefte für den Unterricht in der Schweizer Geographie, H. 9, Arp, St-Gall.
- PESTALOZZI, H. (1852): *Das Linthwerk in hydrotechnischer Beziehung*. In: HOTTINGER, J.J.: *Hans Conrad Escher von der Linth*, – Orell, Füssli u. Cie., Zürich; Neuauflage 1994 – Linth-Escher Gesellschaft (p. 407–429), Mollis.
- PESTALOZZI, K. (1872): *Über die Rheinkorrektur im Canton St. Gallen*. Separatdruck aus Vierteljahresschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich, Zürich.
- PESTALOZZI, K. (1881): *Die Geschiebebewegung und das natürliche Gefälle der Gebirgsflüsse*. Memorandum ohne nähere Angaben (spätestens 1881 erschienen, wahrscheinlich aber auch nicht viel früher).
- PETER, A. (1922): *Die Juragewässerkorrektur, Bericht über die Vorgeschichte, Durchführung und Neuordnung 1921*. – Bernischer Regierungsrat, Bern.

- PETER, E. (1955): *Die Korrektio n des Rheins im Kanton St. Gallen*. Schweizerische Bauzeitung 73, 25, 3–8.
- PETER, H. (1917): *Die Abflussregulierung des Wallen- und Zürichsees*. Linth-Limmat-Verband, Mitt. 1, 12–16 (Anhang zu Schweiz. Wasserwirtschaft, Jg. 9).
- PETER, H. (1924): *Wasserwirtschaftsplan des Linth-Limmatgebietes*. Hrsg. Linth-Limmatverband, Zürich.
- PFISTER, CH. & BRÄNDLI, D. (1999): *Rodungen im Gebirge – Überschwemmungen im Vorland: Ein Deutungsmuster macht Karriere*. In: SIEFERLE, R.P. & BREUNINGER, H.: *Natur-Bilder. Wahrnehmungen von Natur und Umwelt in der Geschichte*. – Campus, Frankfurt, p. 297–323.
- PFISTER, CH. (1996): *Häufig, selten oder nie, zur Wiederkehrperiode der grossräumigen Überschwemmungen im Schweizer Alpenraum*. – Geographische Gesellschaft Bern, 59, 139–149, Bern.
- PÜNTENER, P. (2000): *Hochwasser im Kanton Uri, ein historischer Rückblick und das Hochwasser vom 24./25. August 1987*. – Schweizer Ingenieur und Architekt 118, 36, 752–755.
- REGIERUNGSRAT ZH (1877): *Bericht des Regierungsrathes betreffend die Motion Bürkli wegen der Korrektio n öffentlicher Gewässer*, Zürich, 29. Dez. (Staatsarchiv).
- REIFF, H. (1990): *Die Vorbereitung und Ausführung der Rheinkorrektio n in der Zeit von 1848 bis 1927*. – Werdenberger Jahrbuch 3, 82–92, Historisch-Heimatkundliche Vereinigung des Bezirks Werdenberg, Buchs.
- RICKENBACHER, M. (1999): *Die Trigonometrie im Blut, zum 250. Geburtstag des Orismüllers Johann Jakob Schäfer (1749–1823)*. Baselbieter Heimatblätter, 64. Jg., Nr. 4, Liestal.
- ROESLI, F. (1965): *Das Renggloch als geologisches Phänomen und als Beispiel einer frühen Wildbach-Korrektio n*. *Eclogae Geologicae Helvetiae*, Vol. 58/1, 109–126.
- ROHNER, H. (1992): *Baragas Plan von 1792 und Korrektio nsvarianten im Vorfeld des Staatsvertrages von 1892*. In: INTERNATIONALE RHEINREGULIERUNG: *Der Alpenrhein und seine Regulierung*, Buchsdruck, Buchs, 144–151.
- ROUSE, H. & INCE, S. (1980): *History of Hydraulics*. – Iowa Institute of Hydraulic Research, Iowa.
- SCHECK, R. (1885): *Anleitung zur Ausführung und Veranschlagung von Faschinenbauten*. Berlin.
- SCHINDLER, A. (1878): *Die Ursachen der Hochwasser und die Mittel ihrer Bekämpfung*. Eigenverlag, Basel.
- SCHINDLER, A. (1888): *Die Wildbach- und Flussverbauung nach den Gesetzen der Natur*. Hofer und Burger, Zürich.
- SCHINDLER, A. (vermutlich 1911): *Katechismus der Erosionsheilung, der Rufenverbauung und der Flusskorrektio n*. Kreis u. Co., Basel.
- SCHINDLER, C. (2002): *Zum Quartär des Linthgebiets zwischen Luchsingen, dem Walensee und dem Zürichsee*. Beiträge zur Geologischen Karte der Schweiz. (Manuskript).
- SCHMID, W. (1958): *Wildbachverbauungen und Flusskorrektio nen im Einzugsgebiet der Reuss*. – Wasser- und Energiewirtschaft 8/9, 201–209.
- SCHNEIDER, J.R. (1881): *Das Seeland der Westschweiz und die Korrektio n seiner Gewässer*. – Krebs, Bern.
- SCHNITTER, N. (1992): *Die Geschichte des Wasserbaus in der Schweiz*. – Olynthus, Oberbözberg.
- SCHÖPFER, H. (2001): (Korrespondenz mit dem Verfasser).
- SCHULER, M. (1836): *Geschichte des Landes Glarus*, Zürich 447–449 (Zitat aus DAVATZ 1990).
- SFRD (1971): *Centenaire du Service fédéral des routes et des digues 1871–1971*, Berne.
- SFRD (1977): *Protection contre les crues en Suisse, 100 ans de loi fédérale sur la police des eaux*. – Service féd. des routes et des digues, Berne.
- SIG (1991): *Le jet d'eau de Genève*. Ed. Services industriels de Genève, Tribune Editions, Genève.
- SOLAR, G. (1998): *Der persönliche Lebensbericht von H.C. Escher von der Linth*. Teile I und II – Linth-Escher-Gesellschaft, Mollis.
- SPECK, J. (1993): *Stadtbaumeister Jost Knopfli und die «Abgrabung» des Zugersees 1591–1592*. – Zuger Neujahrsblatt 1993. Hrsg. Gemeinnützige Gesellschaft Zug, 22–38, Zug.
- SPEICH, D. (2001a): *Das Planarchiv der eidgenössischen Linthkommission*. *Cartographica Helvetica* 23, p.35–38.
- SPEICH, D. (2001b): *Umweltschutz und Denkmalpflege an der Linth: Ein Blick in die Geschichte*. – Wasser, Energie, Luft 93, H. 7/8, 213–214.
- SPEICH, D. (2002): *Korrigierte Natur; praktische Aufklärung, politische Kultur und die Begrädigung der Linth (ca. 1750 – ca. 1850)*. Entwurf einer Dissertation, Version Juni.
- STADLER, H. (1884): *Die Reusskorrektio n von der Attinghauserbrücke bis zum Urnersee*. In: ARBEITSGRUPPE REUSSMÜNDUNG: *Die Reussmündungslandschaft am Urnersee*. Naturforschende Gesellschaft Uri, H.12.
- STAMBACH, E. (1972): *Über die historische Entwicklung des Eidgenössischen Amtes für Wasserwirtschaft*. – Wasser- und Energiewirtschaft 64, 10/11, 354–361.
- STIRNIMANN, V. (1888): *Der Renggbach in der Gemeinde Kriens und dessen rationelle Verbauung*. J. L. Bucher, Luzern.
- STUBER, R. (1949): *Das Rheintal in seinem Kampfe gegen den ungebändigten Rhein*. – Jahrbuch unser Rheintaler, 21–35.
- SURELL, A. (1870): *Etude sur les torrents des Hautes Alpes*. Dunod, Paris, 2^e édition (1^{re} édition en 1841).

- SUTER, K. (1977): *Schaffhausen*. In: EIDGENÖSSISCHES AMT FÜR STRASSEN- UND FLUSSBAU: *Hochwasserschutz in der Schweiz*, (ASF 1977), 107–111, Bern.
- TEYSSEIRE, J.CL. (1997): *Die dritte Rhonekorrektion, Anwendung der neuen Philosophie für Hochwasserschutzprojekte*. – Wasser, Energie, Luft 89, 5/6, 97–100.
- THOMI, L. (2000): «Wassernot» im Emmental; der Kampf der Schachenbewohner gegen das Hochwasser der Emme. – Seminararbeit Universität Lausanne.
- THÜRER, G. (1966): *Das Linthwerk Hans Conrad Eschers*. – Neue Zürcher Zeitung Nr. 4650, p. 8.
- ULMI, H. & BERTSCHMANN, S. (1977): *Luzern*. In: EIDGENÖSSISCHES AMT FÜR STRASSEN- UND FLUSSBAU: *Hochwasserschutz in der Schweiz* (ASF 1977), 51–57, Bern.
- VALLÉS, F. (1857): *Etudes sur les inondations, leurs causes et leurs effets*. Victor Dalmon, Paris.
- VAN MUYDEN, A. (1901): *Le Régime du lac Léman et de ses affluents au cours de la période décennale de 1890–1899*. – Bulletin technique de la Suisse Romande, 2, 9, 73–76.
- VENETZ, J. (1851): *Mémoire sur les digues insubmersibles, sur les écluses à cheminée pour le colmatage et sur les principes à suivre dans les corrections des cours d'eau avec leur application spéciale aux redressements de l'Orbe et de la Broye et à l'assainissement des marais adjacents*. Ferd. Ramboz et Cie., Genève.
- VISCHER, D. & FANKHAUSER, U. (1990): *275 Jahre Kanderumleitung*. – Wasser, Energie, Luft 82, 1/2, 17–25, Baden.
- VISCHER, D. & RAEMY, F. (1998): *Histoire de l'aménagement des eaux dans les Alpes suisses*. Gaz, Eaux, Eaux usées 78/12, 978–985, Zurich.
- VISCHER, D. & RAEMY, F. (2001): *Du canal de Suez à la première correction des eaux du Jura*. – Eau, Energie, Air 93, 7/8, 211–212, Baden.
- VISCHER, D. (1982): *Daniel Bernoulli zum 200. Todestag*. – Wasser, Energie, Luft 75, 5/6, 144–146, Baden.
- VISCHER, D. (1983): *Leonhard Euler zum 200. Todestag*. Wasser, Energie, Luft 75, 7/8, 139–141.
- VISCHER, D. (1986a): *Die schweizerischen Gewässerkorrekturen des 19. Jahrhunderts, Zeugen einer friedlichen Eroberung*. – Neue Zürcher Zeitung 2, p. 35, Zürich.
- VISCHER, D. (1986b): *Schweizerische Flusskorrekturen im 18. und 19. Jahrhundert*. – Mitteilung 84, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH Zürich.
- VISCHER, D. (1987): *The Strickler formula, a Swiss contribution to hydraulics*. – Wasser, Energie, Luft 79, 7/8, 139–142. Baden.
- VISCHER, D. (1988a): *125 Jahre Hydrometrie auf Bundesebene – die Rolle des Ingenieurs Robert Lauterburg*. – Schweizer Ingenieur und Architekt, 106/43, 1184–1191, Zürich.
- VISCHER, D. (1988b): *Lehren aus dem Flussbau des 19. Jahrhunderts*. – Institut für Siedlungswasserwirtschaft der Universität Graz, 14, 559–572, Graz.
- VISCHER, D. (1988c): *Ein berühmtes Überdruckventil*. – Wasser, Energie, Luft 80, 9, 208–209.
- VISCHER, D. (1989): *Ideen zur Bodenseeregulierung. Ziele. Altes und Neues*. – Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik 87, 1, 32–37.
- VISCHER, D. (1989a): *Sind Flüsse Lebewesen? Gedanken zum Verhältnis zwischen Mensch und Gewässer*. – Österreichische Wasserwirtschaft 41, 5/6, 115–121.
- VISCHER, D. (1989b): *Die Umleitung der Lütschine in den Brienzersee im Mittelalter, Legende oder Wirklichkeit?* – Wasser, Energie, Luft 81, 9, 289–242, Baden.
- VISCHER, D. (1990): *Der Bodensee, seine Zuflüsse, seine Schwankungen, seine Abflüsse; eine hydrologische Übersicht*. Wasser, Energie, Luft 82, 7/8, 137–144.
- VISCHER, D. (1991): *Ein römischer Entwässerungsstollen in der Schweiz?* – Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik 89, 6, 303–309.
- VISCHER, D. (1993): *Der Zeitpunkt der jährlichen Höchststände im Bodensee-Untersee und im Hochrhein oberhalb der Thurmündung*. Wasser, Energie, Luft 85, 7/8, 133–135.
- VISCHER, D. (1994a): *Die Forsthydrologie und Hans M. Keller: wissenschaftliche und persönliche Würdigung*. – Beiträge zur Hydrologie der Schweiz, 36, 7–17, Zürich.
- VISCHER, D. (1994b): *Bernische Wasserbauten des 18. Jahrhunderts*. In: LÖTSCHER, TH.: «Währschafft, nuzlich und schön» (p. 48–61). – Bernisches Historisches Museum, Bern.
- VISCHER, D. (1995a): *Eine typisch schweizerische Form der Wasserwehr*. – Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 146, 8, 613–628.
- VISCHER, D. (1995b): *Die Schweizer Seen in der Wasserbaugeschichte*. – Schriftenreihe der Frontinusgesellschaft 19, Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser, 33–58, Bonn.
- VISCHER, D. (1996): *Vom treibenden Blatt zum Messflügel*. In: LANDESHYDROLOGIE UND -GEOLOGIE: *100 Jahre Eichstätte für hydrometrische Flügel*. – Hydrologische Mitteilungen 24, 23–38, Bern.
- VISCHER, D. (1997): *Luigi Negrelli, Oberingenieur der ersten schweizerischen Eisenbahn*. – Schweizer Ingenieur und Architekt, 115, 5, 8–10, Zürich.
- VISCHER, D. (1999): *Nationales Gewässersystem und Wasserkraftstatistik*. In: GUGERLI, D.: *Vermessene Landschaften, Kulturgeschichte und technische*

- Praxis im 19. und 20. Jahrhundert.* Serie Interferenzen, 1, 89–104, – Chronos Verlag, Zürich.
- VISCHER, D. (2000a): *Johann Gottfried Tulla, badischer Experte für Schweizer Flusskorrekturen.* – Schweizer Ingenieur und Architekt 5, 11–16, Zürich.
- VISCHER, D. (2000b): *Tulla und die Schweiz.* – Wasserwirtschaft 90/10, 472–478, Wiesbaden.
- VISCHER, D. (2000c): *Der Wassermotor von Albert Schmid (1847–1915), ein Werkstattantrieb ausgangs des 19. Jahrhunderts.* – Wasser, Energie, Luft 92, 11/12, 348.
- VISCHER, D. (2001a): *Überschwemmungsgebiete als Wohnraum für die «untere Klasse»; ein Hochwasserschutzkonzept von 1825 für St. Petersburg.* – Wasserwirtschaft, 91/6, 302, Wiesbaden.
- VISCHER, D. (2001b): *Wasserbauer und Hydrauliker der Schweiz.* – Verbandsschrift 63, Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband, Baden.
- VOCH, L. (1767): *Anleitung zum Wasserbaue an Flüssen und Strömen.* E.T. Lotter, Augsburg.
- VON MORLOT, A. (1895): *Die Juragewässerkorrektion.* – Schweizerische Bauzeitung 26, 103–107, 116–119, 122–124, Zürich.
- VON MURALT, H. (1880): *Fluss-Sanierung nach Carl Bürkli* (ohne nähere Angaben und Erscheinungsjahr ca. 1880, Staatsarchiv Zürich).
- VON ROTEN, E. & KALBERMATTER, PH. (1990): *Ignaz Venetz als Ingenieur.* In: NATURFORSCHENDE GESELLSCHAFT OBERWALLIS: *Ignaz Venetz 1788–1859.* Rotten Verlag, Brig, 33–46.
- VON SALIS, A. (1870): *Bericht über die Nollaverbauung an die Tit. Regierung des Kantons Graubünden.* In: REGIERUNG DES KANTONS GRAUBÜNDEN: Eingabe ... an den Tit. Schweiz. Bundesrath auch zu Händen der hohen Bundesversammlung betreffend Verbauung der Wildbäche der Schweiz, mit speziellen technischen Gutachten über das Projekt der Nolla-Verbauung. Chur.
- VON SALIS, A. (1875): *Notice sur l'amélioration du régime des eaux d'après les principes appliqués en Suisse, rédigée pour l'exposition géographique de Paris en 1875.* Bull. Soc. vaudoise des ingénieurs et des architectes, 1, 4, 29–37.
- VON SALIS, A. (1884): *De l'aménagement des eaux en Suisse; organisation, travaux exécutés et systèmes de construction.* Stämpfli, Berne.
- VON SALIS, A. (1887a): *Zum Projekt der Aarecorrection Böttstein-Rhein.* Schweizerische Bauzeitung, IX, 19, 115–117.
- VON SALIS, A. (1887b): *Aare-Correction Böttstein-Rhein.* Schweizerische Bauzeitung, IX, 24, 148.
- VON SALIS, F. (1879): *Über den Seedamm-Bruch an der Albula.* Jahresbericht der Naturforschenden Gesellschaft Graubündens, Vereinsjahr 1877–78, Hitz, Chur, 1–16.
- WAIBEL, F. (1992): *Die Werke der Internationalen Rheinregulierung.* In: INTERNATIONALE RHEINREGULIERUNG: *Der Alpenrhein und seine Regulierung (206–235).* – Buchsdruck, Buchs.
- WALLISELLER CHRONIK (1888): *Rieden – ein Bilderbogen zu seiner Geschichte.* Eigenverlag Wallisellen.
- WALTHERT, H. & ANDERE (1977): *Bern.* In: EIDGENÖSSISCHES AMT FÜR STRASSEN- UND FLUSSBAU: *Hochwasserschutz in der Schweiz* (ASF 1977), 43–49, Bern.
- WANG, F. (1903): *Grundriss der Wildbachverbauung erster und zweiter Teil.* S. Hirzel, Leipzig.
- WARTH, W. (1990): *Die Schweiz, der Kanton St. Gallen, die Rheintalgemeinden und die Rheinkorrektion vor 1848.* In: INTERNATIONALE RHEINREGULIERUNG: *Der Alpenrhein und seine Regulierung.* 152–157, Buchsdruck, Buchs.
- WEINGARTNER, R. (1998): *Analyse der räumlichen und zeitlichen Variabilität der Hochwasser in der Schweiz.* – Schlussbericht NFP31. vdf Hochschulverlag, Zürich.
- WETLI, K. (1885): *Die Bewegung des Wasserstandes des Zürichsees während 70 Jahren und Mittel zur Sanierung seiner Hochwasser.* Hofer und Burger, Zürich.
- WEY, J. (1875): *Die Colmatage des Hinterlandes des Rheines im Canton St. Gallen.* – Eisenbahn, III, 5, 37–38.
- WEY, J. (1890): *Geschichtliche Darstellung der technischen Entwicklung der Rheincorrection.* – Schweizerische Bauzeitung, XV, 4, 19–34.
- WEY, J. (1909): *Memorial zum Diepoldsauer Durchstich der Internationalen Rheinregulierung.* Bericht an die Regierung des Kantons St. Gallen, Zollikofer, St. Gallen.
- WSL (1991): *Chronik der Unwetterschäden in der Schweiz.* Bericht 330 der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Birmensdorf.
- ZAMMATIO, C., MARINONI, A. & BRIZIO, A.M. (1981): *Leonardo der Forscher.* – Belser Verlag, Stuttgart und Zürich, p. 37.
- ZAUGG, P. (1993): *Hauptmann Andreas Lanz, Ingenieur von Rohrbach (1740–1803).* Jahrbuch des Oberaargaus, 223–236.
- ZAUGG, P. (1997): *Mathematiker und Ingenieure aus dem Emmental.* Burgdorfer Jahrbuch (p. 102–106). – Haller u. Jenzer, Burgdorf.
- ZIA, ZÜRCHER INGENIEUR- UND ARCHITECTEN-VEREIN (1887): *Vereinsnachrichten, Referat über die Sitzung vom 28. April 1887.* Schweizerische Bauzeitung IX, 19, 119–120.
- ZIEGLER, P. (1979): *Der See und die Menschen.* In: HANTKE et al.: *Der Zürichsee und seine Nachbarn.* Verlag Neue Zürcher Zeitung, 197–217.
- ZIMMERMANN, M. (1994): *Murgänge im Dorfbach von Randa (VS).* Wasser, Energie, Luft 86, 1/2, 17–21.

- ZIMMERMANN, W.G. (1995): *Zürich – aus der Geschichte einer Stadt am Wasser*. Schriftenreihe der Frontin角度gesellschaft 19, Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser, 26–32, Bonn.
- ZIPKES, E. (1986): *175 Jahre Escher-Kanal; Gedenktafel und Erinnerungsmedaillen zu Ehren von Johann Conrad Escher (1767–1823), Schöpfer der Linthkorrektur*. – Helvetische Münzenzeitung, Zürich, 21. Jg., Nr.12, 533–540.
- ZOLLINGER, F. (1983): *Die Vorgänge in einem Geschiebeablagungsplatz*. Dissertation an der ETH Zürich, 7419.
- ZSCHOKKE, TH. (1852): *Die Überschwemmungen in der Schweiz im September 1852*. Monographie, Aarau.
- ZÜRBRUGG, H. (1965): *Aspects juridiques du régime des eaux en Suisse*. – Schweiz. Juristenverein, Referate und Mitteilungen, H. 2, Verlag Helbing und Lichtenhahn, Basel.
- ZÜRCHER, J. (1876): *Aar-Korrektur zwischen Thun und Uttigen*. – Allgemeine Bauzeitung, Wien, 65–67; 79–83.

Sources des illustrations

- (1) Collection graphique de l'EPF Zurich. (2) Bau- geschichtliches Archiv der Stadt Zürich. (3) Archives cantonales du Valais, photo Biner, Bramois. (4) Berg- sturz-Museum, Goldau (Poster). (5) Zentral- und Hoch- schulbibliothek Luzern. (6) Tiré de WSL 1991. (7) Tiré de GUTE SCHRIFTEN 1958. (8) Collection graphique de l'EPF Zurich. (9) Tiré de WAIBEL 1992. (10) Tiré de OSTSCHWEIZ 1967. (11) Dessin de l'auteur d'après une gravure de E. Rittmeyer dans Les Alpes de Berlepsch, Bibliothèque nationale suisse, Berne. (12) Tiré de BAUMANN 1977. (13) Öffentliche Kunstsammlung Basel, Kupferstichkabinett (Inv. Bd. 103.91). (14) Tiré de KAISER 1990c. (15) Kunstmuseum Winterthur, Inv. Nr. 139. (16) Tiré de VON SALIS 1870. (17) Tiré de HÖPFLIN- GER 1986 (haut) et PFISTER 1996 (bas). (18) Tiré de BLEULER 1845. (19) Illustration de La Suisse illustrée, sept. 1876. (20) Schweizerisches Museum für Volks- kunde, Basel. (21) Tiré du Schweizerischer Bilder- kalender 1839-1845 von Martin Disteli, Gassmann, Solothurn. (22) Staatsarchiv Basel, Plan T148, Foto M. Rickenbacher, Bern. (23) Tiré de ZAUGG 1997. (24) Archives de l'Etat de Berne. (25) Tiré de LEUPOLD 1724 (tab. IV). (26) Museum Lindwurm, Stein am Rhein, Foto D. Füllemann, Eschenz. (27) Archives de l'Etat de Berne. (28) Tiré de JASMUND 1911. (29) Deutsches Mu- seum München. (30) Tiré de LEUPOLD 1735 (tab. III). (31) Tiré de CARMODY & KOBUS 1968. (32) Tiré de CAR- MODY & KOBUS 1968. (33) Tiré de EYTELWEIN 1818. (34) Tiré de DUILE 1826. (35) Tiré de DE BELIDOR 1740 (livre II, chap. IV, tab. VII). (36) Collection graphique de l'EPF Zurich. (37) Tiré de DE BELIDOR 1737-1753 (planche XXXV). (38) Tiré de PETER, A. 1922. (39) Tiré de NOSEK 1881. (40) Tiré de VOCH 1767. (41) Tiré de SCHECK 1885. (42) Tiré de NOSEK 1881. (43) Tiré de LEUPOLD 1724 (tab. VII et IX). (44) Dessin de l'auteur d'après LEUPOLD 1724 (tab. XXIII). (45) Service des biens culturels, Fribourg, photo P. Bosshard. (46) Dessin de l'auteur d'après une photo figurant dans les archives du Thuner- und Brienersee Schiffsbetrieb. (47) Tiré de WAIBEL 1992. (48) Tiré de VISCHER 1986b (fig. 31). (49) Zentral- und Hochschulbibliothek Luzern (Illustration tirée de: Beat Fidel Anton von Zurlauben. Tableaux de la Suisse ou voyage pittoresque, Paris 1780-1788). (50) Tiré de VISCHER 1991. (51) Esquisse de l'OFEG. (52) ZHB Luzern, Eigentum Korporation. (53) Tiré de HAGEN 1844. (54) Tiré de WALLISELLER CHRONIK 1988. (55) Es- quisse de l'OFEG. (56) Tiré de SPECK 1993. Haut: tiré de la chronique de J. Stumpf, 1547; bas: extrait de vues de villes de J. Brandenburg, gravées par J. A. Friedrich. (57) Esquisse de l'OFEG. (58) Regionalmuseum Lang- nau im Emmental. (59) Schlossmuseum Burgdorf. (60) Öffentliche Kunstsammlung Basel, Kupferstichkabinett (Sammlung Falkeisen, Bern, Foto M. Bühler). (61) Esquisse de l'OFEG. (62) Archives de l'Etat de Berne. (63) Archives de l'Etat de Berne. (64) Tiré de VISCHER & FANKHAUSER 1990. (65) Propriété privée. (66) Tiré de VISCHER & FANKHAUSER 1990. (67) Tiré de BECK 1938. (68) Tiré de NEUMANN 1979. (69) Tiré de VISCHER & FANKHAUSER 1990. (70) Museum des Landes Glarus, Näfels. (71) Esquisse de l'OFEG. (72) Fondation Linth- Escher, Mollis (ornait Das Neujahrsblatt der Hülfsge- sellschaft Zürich auf das Jahr 1809). (73) Propriété privée. (74) Esquisse de l'OFEG. (75) Annexe à l'Appel à la nation suisse pour sauver les habitants des rivages du lac de Walenstadt et de la vallée inférieure de la Linth qui ont sombré dans la misère à cause de l'extension des marais, 1807. (76) Tiré de MAAG 1989. (77) Fondation Linth-Escher, Mollis (tiré de l'Officielles Notizenblatt, en ce qui concerne l'entreprise de la Linth). (78) Propriété privée, non daté, artiste inconnu, éventuellement Kas- par Schindler, le fils de Conrad Schindler. (79) Fonda- tion Linth-Escher, Mollis (tiré de l'Officielles Notizen- blatt, en ce qui concerne l'entreprise de la Linth). (80) Collection graphique de l'EPF Zurich. (81) Collection graphique de l'EPF Zurich. (82) Linth-Archiv, Glarus. (83) Tiré de HOTTINGER 1852. (84) Fondation Linth- Escher, Mollis. (85) Tiré de BLEULER 1845. (86) Esquisse de l'OFEG. (87) Staatsarchiv St. Gallen, 28489 KB. (88) Tiré de HUNGERBÜHLER 1854. (89) Staatsarchiv St. Gal- len, 34976 KB (Plan 153 KPG). (90) Tiré de REIFF 1990. (91) Tiré de WEY 1909. (92) Staatsarchiv St. Gallen. (93) Staatsarchiv St. Gallen. (94) Tiré de PESTALOZZI, K. 1872. (95) Staatsarchiv St. Gallen. (96) Tiré de LÜTSCHG 1926. (97) Esquisse de l'OFEG. (98) Tiré de VON SALIS 1884. (99) Archiv der Internationalen Rheinregulierung Rorschach. (100) Tiré de VON SALIS 1884. (101) Musée cantonal des beaux-arts, Sion, photo H. Preisig. (102) Tiré de BARRAUD 1888. (103) Bibliothèque nationale suisse, collection d'affiches. (104) Tiré de PETER, A. 1922, photo OBI. (105) Esquisse de l'OFEG. (106) Tiré de Berner Heimatbuch 138/1988. (107) Archives de l'Etat de Berne. (108) Archives de l'Etat de Berne. (109) Archives Eduard Schweizer, Gals (photo 70/22A). (110) Tiré de DESOR 1870. (111) Tiré de DESOR 1870. (112) Tiré de PETER, A. 1922. (113) Tiré de MEISTER 1981 (p. 79). (114) Tiré de PETER, A. 1922. (115) Tiré de ELSKES 1894. (116) Musée d'art et d'histoire, Neuchâtel (H 1995. 21.844.8). (117) Staatsarchiv Uri, Grosser Skizzenband von Karl Franz Lusser, S. 219. (118) Esquisse de l'OFEG. (119) Tiré de GOLDER 1984 (p. 8). (120) Tiré de GOLDER 1984 (p. 23). (121) Tiré de GOLDER 1984 (p. 21). (122) Staatsarchiv Zürich. (123) Esquisse de l'OFEG. (124) Zentralbibliothek Zürich (Rheinsfelden I, 10 bas). (125) Tiré de NOSEK 1881. (126) Esquisse de l'OFEG. (127) Archives de l'Etat de Berne (extrait de plan). (128) Tiré de KOCH 1826. (129) Tiré de ZÜRCHER 1876. (130) Tiré de VON SALIS 1884. (131) Bibliothèque nationale suisse (Ekta 4650). (132) Archives de l'Etat

de Berne (tiré du Rapport sur l'administration de l'Etat de 1830). (133) Esquisse de l'OFEG. (134) Staatsarchiv Uri, Situationspläne von Kaspar M. Hegner, Plan Nr. 3 (R-150-15/11), Plan-Archiv Nr. 7. (135) Esquisse de l'OFEG. (136) Tiré de BVIA 1882. (137) Tiré de OBI 1916. (138) Tiré de OBI 1916. (139) Esquisse de l'OFEG. (140) Musée historique de Berne, inv. 3422, photo St. Rebsamen. (141) Tiré de WALTHERT 1977. (142) Schlossmuseum Burgdorf. (143) Tiré de GROSSI 1986. (144) Tiré de VON SALIS 1884. (145) Tiré de OBI 1914. (146) Neue Zürcher Zeitung 10.3.1988 (Besprechung der Ausstellung «Das Tessin und seine Photographen», Kunsthaus Zürich). (147) Tiré de SURELL 1870 (fig. 1). (148) Tiré de CULMANN 1864 (planche 5). (149) Tiré de COMTESSE 1920. (150) Archives cantonales du Valais, photo Biner, Bramois. (151) Zentralbibliothek Zürich. (152) Tiré de STIRNIMANN 1882 (planche II). (153) Esquisse de l'OFEG. (154) Tiré de CULMANN 1864 (planche 13). (155) Tiré de NOSEK 1881. (156) Tiré de CULMANN 1864 (planche 12). (157) Tiré de CULMANN 1864 (planche 11). (158) Tiré de LEGLER 1856. (159) Tiré de LEGLER 1868. (160) Tiré de NOSEK 1881. (161) Tiré de CULMANN 1864 (planche 15). (162) Tiré de CULMANN 1864. (163) Rhätisches Museum Chur. (164) Tiré de VON SALIS 1870. (165) Tiré de OBI 1892. (166) Tiré de OBI 1892. (167) Tiré de OBI 1892. (168) Tiré de SCHINDLER, A. 1911. (169) Tiré de VON MURALT 1880. (170) Tiré de VON MURALT 1880. (171) Esquisse de l'OFEG. (172) Tiré de SCHINDLER, A. 1888. (173) Tiré de SCHINDLER, A. 1878. (174) Tiré de SCHINDLER, A. 1888. (175) Tiré de SCHINDLER, A. 1888. (176) Esquisse de l'OFEG. (177) Photo B. Etter, Zurich. (178) Tiré de GEISER 1914. (179) ZHB Luzern, Eigentum Korporation. (180) Staatsarchiv Luzern (Pl. 4247). (181) Staatsarchiv Luzern (Pl. 5256–5259). (182) Tiré de Festschrift der SIA-Sektion Gotthard 1892. (183) Baugeschichtliches Archiv der Stadt Zürich. (184) Baugeschichtliches Archiv der Stadt Zürich (Nr. 17702). (185) Zentralbibliothek Zürich. (186) Baugeschichtliches Archiv der Stadt Zürich (Nr. 1540). (187) Bibliothèque publique et universitaire, Genève. (188) Bibliothèque publique et universitaire, Genève. (189) Tiré de BÉTANT 1941. (190) Tiré de GROSJEAN 1971, Kartensammlung, ETH-Bibliothek (KA 030 SCHW 03). (191) Bibliothèque publique et universitaire, Collections iconographiques, Genève. (192) Bibliothèque publique et universitaire, Collections iconographiques, Genève. (193) Archives du Service de l'eau, Genève, photo G. Bolay. (194) Archives du Service de l'eau, Genève, photo G. Bolay. (195) Tiré de GRIM 1995. (196) Tiré de GRIM 1995. (197) Staatsarchiv St. Gallen (26827 KB). (198) Staatsarchiv St. Gallen. (199) Tiré de BLEULER 1845. (200) Staatsarchiv St. Gallen (11197 KB), tiré de Leipziger Illustrierte 1868. (201) Tiré de VON SALIS 1884. (202) Tiré de VON SALIS 1884.

