

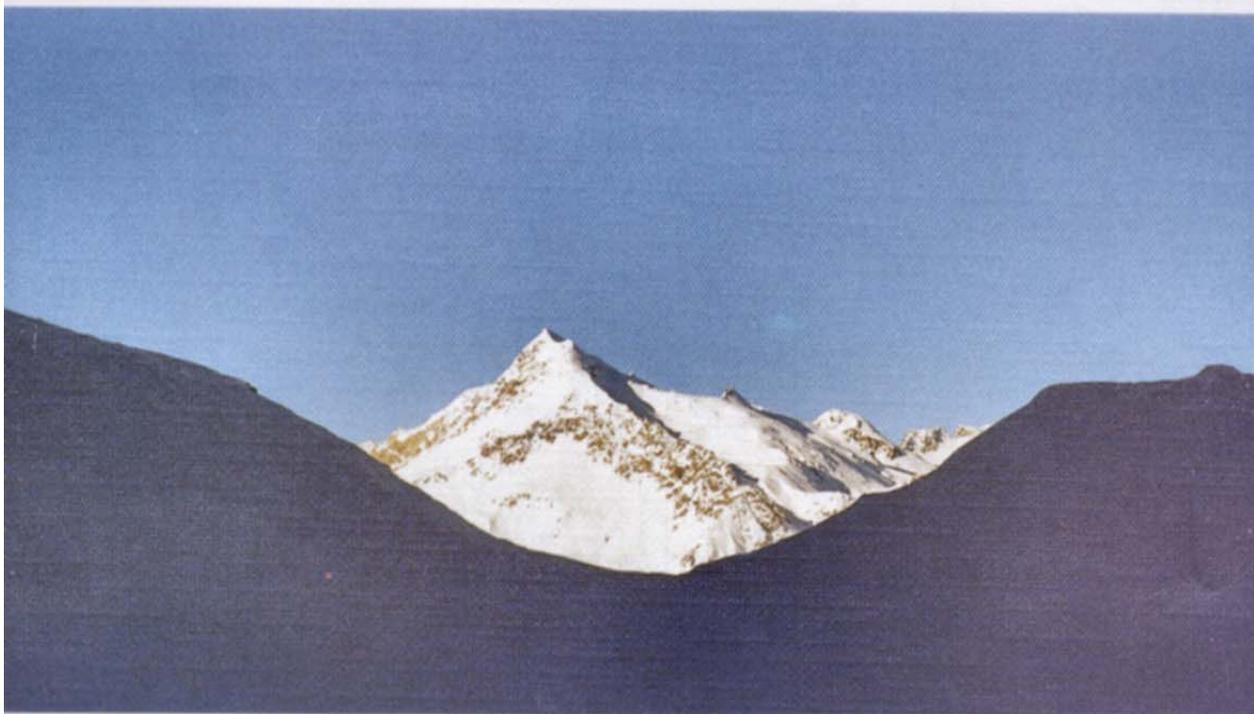
PIORA

DOCUMENTA CENTRO DI BIOLOGIA ALPINA



LA RICERCA ALPINA E LE TRASVERSALI
LA RECHERCHE ALPINE ET LES TRANSVERSALES
ALPENFORSCHUNG UND TRANSVERSALEN

a cura di Raffaele Peduzzi



ASSN/SANW

8

Pubblicazioni dell'Accademia Svizzera di Scienze Naturali

Publications de l'Académie Suisse des Sciences Naturelles

Publikationen der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften

Pizzo Lucendro, Foto R. Peduzzi

ISSN 1424-4993

178. Assemblea annuale
Accademia Svizzera di Scienze Naturali ASSN/SANW
Airolo - San Gottardo - Piora, 23-26 settembre 1998

ATTI E CONTRIBUTI SCIENTIFICI

**LA RICERCA ALPINA
E LE TRASVERSALI**

**LA RECHERCHE ALPINE
ET LES TRANSVERSALES**

**ALPENFORSCHUNG
UND TRANSVERSALEN**

a cura di Raffaele Peduzzi

Introduzione di Ruth Dreifuss

Edizioni Centro di Biologia Alpina
Piora, 2000

8 Pubblicazioni dell'Accademia Svizzera di Scienze Naturali ASSN/SANW

8

Pubblicazioni dell'Accademia Svizzera di Scienze Naturali
Publications de l'Académie Suisse des Sciences Naturelles
Publikationen der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften

Grafica e stampa Tipografia Offset Dazzi
CH-6747 Chironico

© 2000 Edizioni Centro di Biologia Alpina di Piora,
c/o Istituto Batteriosierologico Cantonale, Via Giuseppe Buffi 6
6904 Lugano

ISSN 1424-4993

*Monté hier au **Gothard** ...*

*Ce **haut lieu** de la Suisse, ce **vrai coeur de l'Europe**, je ne m'en suis jamais approché sans ressentir une émotion que j'essaye en vain de qualifier; elle ne ressemble à aucune autre. ...*

Pour la première fois j'avais senti l'Europe ...

*Je me disais en redescendant: "les suisses ... savent-ils qu'ils ont au **Gothard** un **haut lieu** non pas seulement un tunnel et des forts?"*

Denis de Rougemont

"Quand je me souviens - c'est l'Europe"

Berne, février 1940

***A Monsieur Giuseppe Buffi (1938-2000)
Conseiller d'Etat, fondateur de
l'Université de la Suisse Italienne,
en témoignage de reconnaissance.***



*Airolo, 23 septembre 1998.
Dîner des invités du Congrès de l'Académie Suisse
des Sciences Naturelles. Monsieur Giuseppe Buffi
en compagnie de Mme Anne-Christine Clottu Vogel,
secrétaire générale de l'Académie.*

Indice

Introduzione *di Ruth Dreifuss*

pag. 9

Discorsi e conferenze d'apertura

Raffaele Peduzzi

Bienvenue - Ouverture du congrès

pag. 11

Piora e San Gottardo: due secoli di ricerca scientifica

pag. 17

Bernard Hauck

Discours d'ouverture de la 178^{ème} assemblée annuelle

pag. 27

Marino Buscaglia

La formation de la science moderne entre Renaissance et Baroque

pag. 29

Renzo Ghiggia

Apertura dell'esposizione AlpTransit San Gottardo

pag. 47

Simposio "La ricerca alpina e le trasversali"

Oliver Bratschi

AlpTransit Gotthard: Aero-und Thermodynamik des Gotthard-Basistunnels

pag. 49

Walter Schneebeili

Alpenforschung und Transversalen: Umweltmanagement auf alpinen Baustellen

pag. 59

Adrian Pfiffner

Alpine Geotraversen: der Beitrag von Basistunnel und seismischen Profilen zum Verständnis der Alpengeologie

pag. 67

Remigio Ratti

Le rôle économique et politique du Saint Gothard: un regard historique et prospectif

pag. 73

Contributi

Giovanni Lombardi

Galleria di Base del San Gottardo: progetto della parte meridionale

pag. 83

Rinaldo Volpers

La geologia della Galleria di Base del San Gottardo, un caso speciale: la sacca della Piora

pag. 101

L'importanza del San Gottardo nel progresso delle scienze

Marino Buscaglia e Raffaele Peduzzi

Avant propos

pag. 113

Raffaele Peduzzi

La maladie des tunnels: l'infestation ankylostomienne

pag. 115

Orazio Martinetti

Le Saint Gothard dans l'historiographie sociale

pag. 125

Raffaele Peduzzi

Colladon: l'assistente di Ampère che lavorò ad Airolo

pag. 131

Marino Buscaglia

Jean-Daniel Colladon et les technologies de percement

pag. 133

Conclusione

Raffaele Peduzzi

Rapport du président annuel

pag. 139

Rinvii bibliografici

pag. 145

Introduzione

Le 11 novembre 2000 aura été marqué par un événement important dans la vie de quelques dizaines de jeunes: ils sont les premiers à recevoir un diplôme de l'Université de la Suisse Italienne. Ce couronnement de leurs efforts sera un viatique pour leur vie professionnelle et la poursuite de leurs travaux scientifiques.

Le 11 novembre 2000 aura également été un événement pour le Tessin tout entier: Reconnu officiellement, par la Confédération suisse, en tant que canton universitaire, il couronne ainsi ses efforts tenaces en vue d'offrir un lieu de formation de haute qualité, en langue italienne.

Ce rêve d'une université tessinoise, il aura fallu un siècle pour le réaliser. Bien des échecs et bien des scepticismes auront jalonné cette histoire. Son heureux aboutissement doit beaucoup à la conjonction de personnalités hors du commun, qui ont su vivre de front leur passion pour leur discipline et leur engagement pour le bien de la communauté, avec l'appui d'un homme politique visionnaire. C'est en effet au cours des années nonante que les initiatives se sont multipliées, pour faire, à qui en doutait encore, la démonstration de la vocation universitaire du Tessin.

L'inauguration du Centre de biologie alpine de Piora (29 juillet 1994) précédant de peu l'ouverture des trois facultés de l'USI (21 octobre 1996) et le Congrès annuel de l'Académie des sciences naturelles (ASSN) en 1998 (23-26 septembre) à Airolo sont quelques unes des étapes de ce chemin.

Le compte rendu du Congrès de l'ASSN publié ici est donc un témoignage de la capacité de la communauté scientifique du sud des Alpes de recevoir ses pairs et de nourrir la science helvétique. Mais il est bien sûr plus que cela. Le Congrès a été l'occasion de faire le lien entre les diverses disciplines scientifiques et l'ouverture du grand chantier des transversales alpines. Que celui-ci fasse avancer nos connaissances en géologie et en hydrologie, cela va de soi. Que le travail au cœur des rochers puisse aussi enrichir nos connaissances de l'être humain, en psychologie comme en médecine, voilà qui a déjà été constaté en d'autres lieux extrêmes. Que l'histoire des communications et de leurs effets sur les sociétés y gagnent, voici un pari qui concerne les sciences sociales. Avec un intérêt croissant pour la recherche alpine – une base nécessaire pour que la Convention des Alpes puisse déployer des effets bénéfiques – il est bon qu'un centre de gravité puisse s'établir au cœur des alpes, au Tessin. Car cette région à l'histoire, naturelle et humaine, si particulière mérite bien l'intérêt concentré des scientifiques.

En plaçant les travaux du Congrès sous le signe des transversales, les organisateurs étaient-ils conscients qu'au delà du chantier des tunnels alpins, ils faisaient aussi référence à une nécessité scientifique: celle de créer des transversales entre les disciplines et les universités? C'est à développer de telles transversales que se vouent l'Académie suisse des sciences naturelles et ses académies sœurs. Fidèle à sa tradition, l'ASSN aura ainsi donné un coup de pouce à un nouveau développement de la politique universitaire suisse. Qu'elle en soit remerciée.

*Ruth Dreifuss
Conseillère fédérale*

Ouverture du congrès

Raffaele Peduzzi

Président annuel 1988 de l'Accadémie Suisse des Sciences Naturelles

Prof. Dr. biol., Directeur Institut cantonal de bactériologie, Via G. Buffi 6, 6904 Lugano

Président Fondation Centre de Biologie Alpine de Piora

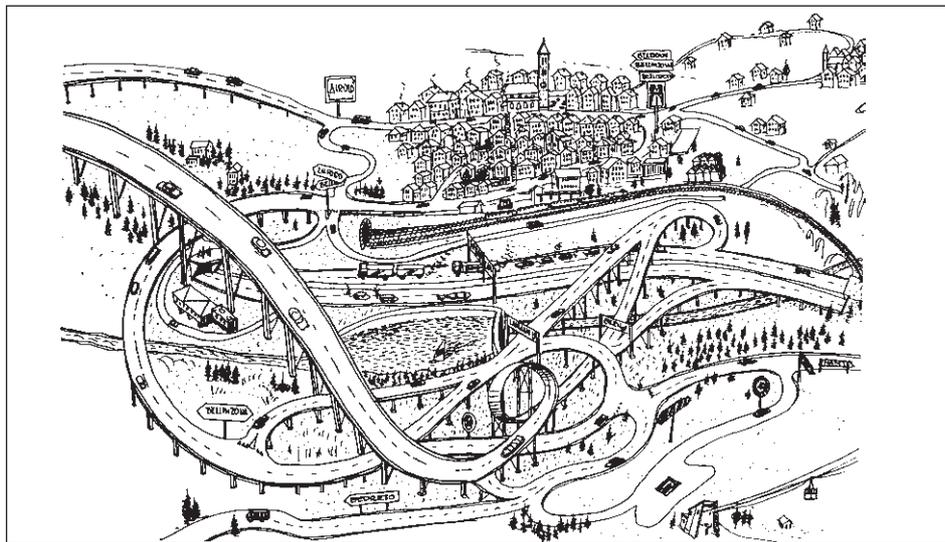
Chers collègues, récemment la Télévision Suisse Romande, lors du lancement d'un film sur la vallée Leventina affirmait : "tout le monde y passe, personne ne s'arrête". Ainsi j'aimerais tout d'abord vous remercier d'être venus si nombreux à Airolo pour participer à l'Assemblée et au Congrès annuels de l'Académie Suisse des Sciences Naturelles (ASSN). A nous maintenant de démontrer que cela en valait la peine, les lieux ayant une tradition scientifique reconnue et renouvelée.

En effet, les naturalistes ont toujours eu un penchant pour la région du St. Gothard et pour Piora. Ils nous ont laissé une riche littérature que j'ai rassemblée dans un article intitulé: "*Deux siècles de recherche scientifique*". Il s'agit d'une bibliographie scientifique consistante (plus de 180 titres), et permettez-moi de vous esquisser les étapes essentielles de cette tradition sous forme d'encadrés récapitulatifs.

Liebe Freunde, ich freue mich Sie in Airolo zu begrüßen und heisse Sie herzlich Willkommen. Seit 1833 ist es eine Tradition geworden, dass wir uns alle 20 Jahre hier im Tessin treffen für die Jahresversammlung und den Kongress.

Im Gottardgebiet ist die Schweizerische Akademie der Naturwissenschaften (SANW) immer sehr aktiv gewesen. Als Beispiel möchte ich erwähnen, dass:

- die Hydrobiologische Kommission der SANW im Piora-Gebiet seit **1917**, während 40 Jahren Untersuchungen fördert;
- im Jahre **1875** in Andermatt schon die Jahresversammlung stattgefunden hat;
- bei der Gründung der Tessiner Naturforschenden Gesellschaft im Jahre **1903** spielte Sie eine wichtige Rolle.



Disegno di E.Mottini dal Nebelspalter, modificato

La tradition, 1700

- Emilio Motta** (1855-1920) définit le 1700: ... "siècle caractérisé par le grand nombre de naturalistes arrivés pour étudier le Saint Gothard"
- J.J. Scheuchzer** a "visité" l'alpage de Piora en 1705: ... "Le premier qui voyageait avec des instruments de physique"
- Albrecht von Haller** "fameux pour ses travaux en botanique" explora la Région du Saint Gothard en 1728
- Horace Bénédict de Saussure** (1775-1783): *"L'homme possédé par la montagne"* - *"Excursions et récits sur la région du Gothard"* dans *Voyages dans les Alpes* - *"La fréquentation passionnée des montagnes agrandit les perspectives du scientifique"*
- Ermenegildo Pini** professeur de chimie et minéralogie à Milan, en 1783 publia: *"Mémoire minéralogique sur la montagne et les alentours du Saint Gothard"*

1800

- Francini S.** (1837): dans *"La Svizzera italiana"* met en évidence la ressource piscicole liée à la gestion des lacs de Piora
- Perty M.** (1849): *"Mikroskopische Organismen der Alpen und der italienische Schweiz"* (*Chlamydomonas nivalis*) - Ueber den gefärbten Schnee des St.Gotthards, vom 16.-17. Febr. 1850
- Luiset M.D.** (1888): Un récit d'herborisation dans les Alpes de Piora
- Tuerler E.A.** (1891): *"Gotthard und Val Piora: geologische, botanische und zoologische Verhältnisse"*
- Fuhrmann O.** (1897): *"Recherches sur la faune des lacs alpins du Tessin: Val Piora, Val Canaria et Val Cadlimo"*, Rev. Suisse de Zool.

Piora, un des "berceaux" de la limnologie

De l'analyse de la bibliographie il ressort nettement que la richesse en eau a constitué l'attrait scientifique principal de Piora dès la naissance de la limnologie. A ce propos j'aimerais citer que la Commission d'hydrologie de la Société Helvétique des Sciences Naturelles (ancien nom de l'ASSN) lançait en 1915 un programme de grande envergure sur Piora en s'exprimant de la façon suivante : *"Cette zone est une région alpine par excellence, bien délimitée géographiquement. Elle présente une diversité idéale qui passe des petits ruisseaux aux cours*

d'eau à débits importants, des nombreux marécages aux lacs alpins relativement profonds. Nous proposons le val Piora ainsi que ses vallées latérales (Val Cadlimo, Val Canaria et Val Termine) qui, mis ensemble, comprennent 21 lacs, 28 étangs, 14 marécages et 58 cours d'eau". Le même document fournissait les détails:

	Lacs	Etangs	Marécages	Cours d'eau	Total
Val Piora	11	4	8	27	50
Val Canaria	3	2	1	6	12
Val Cadlimo	3	12	0	11	26
Val Termine	-	2	0	2	4
Val S.ta Maria	2	8	4	9	23
Leventina	2	-	1	3	6
Total	21	28	14	58	121

Ainsi, pour ce programme de recherche basé sur une approche systémique, la Région de Piora a fourni une base importante pour des travaux de recherche, qui ont analysé tous les aspects de la biologie de l'eau et qui ont duré de la première guerre mondiale, aux années '50. Mais même avant le soutien à ces recherches qui ont marqué le début de la limnologie fondamentale, notre Académie a toujours été active dans la région du St. Gothard. En effet, sous l'ancien nom de SHSN, elle a organisé en 1875 son congrès annuel à Andermatt. Il est à souligner qu'à cette occasion une des conférences plénières fût donnée par le Prof. Colladon, ingénieur-conseil du premier percement du St. Gothard et physicien, qui avait été assistant d'Ampère à Paris. A la lecture des actes de la réunion d'Andermatt qui a eu lieu pendant le premier forage du tunnel du Gothard, on réalise à l'heure actuelle la perte d'un certain "positivisme", c'est à dire d'un certain goût pour le déficit scientifique basé sur la confiance dans le progrès apporté par les sciences naturelles.

LES TRAVAUX MÉCANIQUES

POUR LE

PERCEMENT DU TUNNEL DU GOTHARD

**Note communiquée par M. le prof. D. COLLADON, ingénieur-conseil de l'entreprise,
à la Société Helvétique des Sciences Naturelles, réunie à Andermatt
le 13 Septembre 1875.**

Par ce rapprochement, j'aimerais ainsi souligner le moment historique du congrès que nous ouvrons aujourd'hui, non seulement par la localisation géographique et le thème, mais aussi parce qu'il a lieu en même temps que l'ouverture du plus grand chantier ferroviaire du monde celui de l'AlpTransit. Puisse le débat du Symposium, dédié justement à "La recherche alpine et les transversales", nous aider à retrouver le goût pour le déficit scientifique.

Le debut 1900

- Garwood E.** (1906): *"The tarns of the Canton Ticino"*
II. The Lakes of the Val Piora - IV. The St.Gotthard Lakes
Quart. Journ. Geol. Soc., London
- Burckhardt G.** (1910): *"Le Plancton du Lac Ritom"*
Verhandl. Schweiz. Naturforsch. Ges.
- Borner L.** (1928): *"La faune bentique du Lac Ritom et de la zone du Delta (Murinascia) avant la vidange (1916)"*, Schweiz. Zeitschr. Hydrol.

Dans cette période il faut mentionner:

l'apparition de l'ouvrage de:

- Forel F.A.** (1892, 1896, 1904): *"Le Léman, monographie limnologique"*,
Librairie F.Rouge, Lausanne - qui est considéré "l'acte de naissance"
de la limnologie comme science.

1906 - 1909: Etudes scientifiques effectuées sous l'impulsion de la Société
ferroviaire du Saint Gothard pour l'exploitation hydroélectrique

Travaux préliminaires dans le cadre de la convention pour l'utilisation
de l'eau du Lac Ritom pour électrifier la ligne du Saint Gothard,

1914 - 1918: Travaux de vidange totale du bassin effectués pendant la construction
du premier barrage du Lac Ritom.

Parution de la Monographie *"Le Lac Ritom"* en 1918 de **Collet L.W., Mellet R., Ghezzi C.**

Surbeck G. (1917): *"Etudes des poissons de Piora"*, Inédit EAWAG

Düggeli M. (1924): *"Etudes bactériologiques au Lac Ritom"*
(Die Schwefelbakterien) Schweiz. Zeitschr. Hydrol.

Bachmann H. (1924): *"Le Phytoplankton des lacs de Piora"*
Schweiz. Zeitschr. Hydrol.

Le Lac Ritom et le Lac de la Girotte (Haute Savoie) figurent comme exemples classiques
de l'état méromictique crénogénique, dans des ouvrages universitaires réputés:

Tonolli V. & L. (1969)
"Introduction à l'étude de la limnologie"

Dussart B. (1966)
"Limnologie"

Le présent et les impulsions pour le futur

Grâce à la **création à Piora** d'un site d'observation et de recherches alpines, le **Centre de Biologie Alpine** (CBA), nous avons pu ancrer dans la Région les travaux et les connaissances des naturalistes qui la fréquentent. En dehors des locaux destinés au logement, ce Centre possède une bibliothèque-archivage ainsi que des laboratoires où l'on se dédie à l'étude pluridisciplinaire des espaces d'altitude. Animé surtout par l'Université de Genève et l'Université de Zurich, le Centre est mis à disposition des scientifiques de tous les pays qui entourent le Saint Gothard. C'est uniquement grâce à l'existence du Centre de Piora que nous avons trouvé l'impulsion et le courage de vous accueillir aujourd'hui.

La conduction de recherches modernes effectuées avec des méthodes de biologie moléculaire appliquées à l'écologie, nous permettent de mieux connaître le milieu alpin. En outre, par l'intermédiaire et la publication des résultats, il est possible de maintenir Piora inséré dans la communauté scientifique nationale et internationale. Pour vous offrir un compte rendu des résultats importants obtenus lors des travaux scientifiques effectués récemment ou en cours à Piora, nous avons publié une monographie dans la prestigieuse revue de l'Institut italien d'hydrobiologie de Pallanza (*Documenta*, vol. 63, 1998, pp. 152), dont le titre est : "*Lake Cadagno: a meromictic alpine lake*".

De plus, dans l'intention de mettre en évidence la vocation didactique de Piora, sous le titre "*La Regione del San Gottardo: Val Piora, Val Lucendro e Val Canaria*", nous pouvons offrir un ouvrage de synthèse contenant les travaux en sciences naturelles effectués pendant les stages de formation continue avec des enseignants de l'école de la Commune de Viganello. Ce livre, édité par le Centre didactique cantonal, constitue aussi un guide pour les randonneurs qui se promènent dans le milieu alpin avec la sensibilité du naturaliste.

Ainsi aujourd'hui, comme pour le passé, nous sommes certains que par sa présence au Tessin, l'ASSN est en train de nous donner de nouvelles impulsions pour de nouveaux travaux dans le domaine des sciences naturelles. Avec cette certitude, je souhaite à tous les participants un bon travail pendant les journées de congrès dans la Région du St. Gothard.



Il lago Ritom dopo il primo sbarramento (foto Borelli)

Piora e San Gottardo, due secoli di ricerca scientifica

Raffaele Peduzzi

*Prof. Dr. biol. Dir. Istituto cantonale batteriosierologico, Via G. Buffi 6, 6904 Lugano
Presidente Fondazione Centro di Biologia Alpina di Piora*

In occasione del congresso dell'Accademia Svizzera di Scienze Naturali svoltosi ad Airolo, "nel cuore delle Alpi", ritengo pertinente presentare i testi scientifici pubblicati sulla Regione di Piora e del San Gottardo in una sintesi bibliografica "ragionata", suddividendo i contributi in epoche o tappe cronologiche.

Possedere dati scientifici pregressi inerenti una regione costituisce un'inestimabile ricchezza, perché esiste l'enorme vantaggio di poter dare un'interpretazione evolutiva ai risultati dell'indagine odierna. La storia dello studio scientifico della regione di Piora è una delle più ricche e complete: ricordiamone le tappe principali.

Piora ha attirato l'attenzione dei naturalisti fin dal 1700, le prime testimonianze e descrizioni della zona di Piora e del San Gottardo coincidono cronologicamente con la nascita dell'interesse dei naturalisti per la montagna e con la nascita dell'alpinismo stesso.

A questo proposito lo storico Emilio Motta così si esprime: *"Questo secolo (1700), in ispecie la sua seconda metà, è caratteristico per il grande numero di naturalisti accorsi a studiare il Gottardo"*. Lo Scheuchzer geografo e naturalista "il primo che viaggiasse munito di strumenti di fisica" visitò l'alpe di Piora nel 1705. Nel suo viaggio nelle Alpi del 1728, Albrecht de Haller esplorò la regione del Gottardo *"pei suoi lavori botanici"*. Horace Bénédict de Saussure *"l'homme possédé par la montagne"* ne segnala prontamente le bellezze nella sua opera classica nei quattro volumi *Voyages dans les Alpes* nelle pagine dedicate alle *Excursions et récits sur la région du Gothard* apparse tra il 1775 e il 1783. A proposito di questo illustre scienziato e alpinista, un biografo si poneva la domanda nei termini seguenti: *"l'amour des montagnes est-il le résultat de la curiosité scientifique?"* e mai come per questi uomini risulta fondamentale l'affermazione *"la fréquentation passionnée des montagnes agrandit les perspectives du scientifique..."*. Un altro illustre uomo di scienza che visita le nostre regioni in questo periodo è il cavaliere Ermenegildo Pini, professore di chimica e mineralogia, che pubblica appunto nel 1783 a Milano la *Memoria mineralogica sulla montagna e sui contorni del S.Gottardo*.

La pesca, una ricchezza

Un'altra serie di importanti lavori scientifici si situa nella seconda metà del 1800. Le ricerche considerano la flora, l'idrobiologia e, cosa rara, sono già menzionati i problemi dello sfruttamento e della gestione della pesca nei laghi alpini della Val Piora. È a metà del 1800 che troviamo ad esempio documentato l'interesse degli abitanti di Altanca per la gestione della pesca. Storicamente l'attenzione di una popolazione di montagna per questo tipo di risorsa è abbastanza raro, essa comunque doveva costituire una certa fonte di sostentamento, in quanto sia il

Pavesi che il Frascini ne menzionano prontamente l'esistenza. È certo che già nel 1700 vi erano dei pesci nei laghi di Cadagno e Ritom. Pavesi nella sua opera apparsa nel 1870 I pesci e la pesca nel Canton Ticino così si esprimeva:

"Questi laghetti furono già nel secolo passato ricchissimi di trote; ma poi queste scomparvero affatto, secondo alcuni in seguito a scoscendimenti dei monti sovrastanti, intemperie ecc., secondo altri perché distrutte apposta in odio ai Landvogt, che aspiravano ad acquistarne la privativa di pescagione. La prima volta vi furono portate dai Curati di Quinto e la seconda dal dottor Severino Guscetti". Analoga annotazione la troviamo ad opera del Frascini nella *Svizzera Italiana*. Riferendosi ai laghi della Val Piora riporta: *"Vuolsi che fossero abbondantissimi di pesce, ma la trascuraggine d'alcune cautele abbiano molto nociuto al di lui prosperamento"*. Nel 1854 è documentata l'immissione di trote effettuata ad opera degli abitanti di Altanca nei laghi di Cadagno e Ritom. Infatti, per iniziativa di Giovanni Mottini di Altanca furono immessi 50 esemplari di trote. L'acquisto per l'immissione fu finanziato dalle famiglie di Altanca. Ogni famiglia diede un franco, così da raccogliere la somma totale di Frs. 30.-. Il trasporto fu assicurato dagli uomini di Altanca che si prestarono volontari, trasporto che si rilevò epico, effettuato evidentemente a piedi con più di 1000 m di dislivello a partire dal Piottino. Il fatto è riportato anche da Surbeck (biologo che nel 1916 eseguì uno studio sull'ittiofauna della Val Piora prima di diventare ispettore federale della pesca) come un esempio, raro se non unico, di interesse per lo sfruttamento della pesca da parte degli abitanti di un villaggio di montagna. Questa attività fu in seguito incrementata dalla famiglia Lombardi, albergatori in Piora e sul passo del San Gottardo. Procedevano regolarmente alle semine di trote e del salmerino alpino (*Salvelinus alpinus*), il famoso Rötél, probabilmente importato dall'Austria e già ben acclimatato nel lago di Zugo e nel Ceresio. L'immissione di avannotti era possibile partendo dal loro incubatoio per le uova ad Airolo. Proprio in questa seconda metà del 1800 si situa anche la creazione, ad opera dei Lombardi, di un'infrastruttura alberghiera in Piora di primissimo ordine. Sia pure sottolineato a livello scientifico e anche turistico l'interesse internazionale (francese, inglese e italiano) assunto da Piora nella seconda metà del 1800.

Una serie di pubblicazioni scientifiche

Ad esempio nel 1888 appariva ad opera di Luiset sul bollettino della società di botanica di Francia *Un récit d'herborisation dans les Alpes de Piora*. Fuhrmann, professore all'università di Ginevra e di Neuchâtel nel 1897, pubblicava una valutazione completa della fauna dei laghi della Val Piora, della Val Canaria e della Val Cadlino in una memoria apparsa sulla rivista svizzera di zoologia con il titolo *Recherches sur la faune des lacs alpins du Tessin*. È del 1849 la relazione fatta alla società delle scienze naturali di Berna da parte del Perty sui *Mikroskopische Organismen der Alpen und der Italienischen Schweiz*. Un compendio di geologia, botanica e zoologia della regione è stato pubblicato nel 1891 a Berna da E.A.Türler *Gotthard und Val Piora (S.Gotthard - Airolo und Val Piora) geologische, botanische und zoologische Verhältnisse*. Altri dieci lavori datano di questo periodo. Comunque si delinea già una netta preponderanza dello studio delle acque sotto tutti i punti di vista possibili, studi che troveranno il loro apogeo nel nostro secolo effettuati in collaborazione da zoologi, botanici, microbiologi, chimici, fisici, geografi e geologi. Infatti, la terza e la quarta serie saranno costituite dai lavori dapprima eseguiti in relazione alla realizzazione del primo sbarramento del Ritom per l'elettrificazione della linea ferroviaria del San Gottardo e in seguito dalla commissione di idrobiologia della Società elvetica delle scienze naturali.

Hôtel & Pension Piora

:: Piora ::

FÉLIX LOMBARDI, Propr.

Hôtel et Pension Lombardi (Airolo)

:: Hôtel Mont Prosa (St. Gotthard) ::

Piora, li 23 Agosto 1917

Egregio Signor D. G. Surbeck.

Genna

In risposta alla pregiata vostra lettera del 20 corr. vi faccio nota che una volta sola vi fu fatto immissione avannotti di Salmerino, ciò non certo avendoli portati io, in quanto alla data fu uno sbaglio invece del 14 e nel 1915. Sicuramente che le uova saranno del Stabilimento del Signor Pignat in Lugano.

Con la massima stima ben si.
Sinceramente vi saluto.

Severino Lombardi

Di: 18.2.1915

Lettera del 23 agosto 1917 di Severino Lombardi al Dr. G. Surbeck, ispettore federale per la pesca. Il Lombardi certifica di aver immesso il Salmerino (*Salvelinus alpinus*) nei laghi di Piora.

Gli studi promossi dalla direzione della *Gotthardbahn*, che aveva ottenuto la concessione per l'utilizzazione dell'acqua del lago Ritom nel 1906-1909, hanno potuto beneficiare dello svuotamento completo del bacino. Le indagini furono condotte tramite il servizio nazionale svizzero di idrografia da Collet, Mellet e Ghezzi. Il primo professore all'università di Ginevra, il secondo professore di chimica analitica all'università di Losanna e Ghezzi ingegnere presso il servizio federale delle acque. La determinazione del regime delle acque e il rilievo batimetrico dettagliato del lago furono i primi mandati di ricerca. Durante lo studio si attirò soprattutto l'attenzione sulla presenza di idrogeno solforato nelle acque del Ritom a partire da una profondità di

13 metri. Per la verità questo fenomeno era già stato segnalato nel 1906 ad opera di Bourcart nel suo lavoro *Les lacs alpins suisses, étude chimique et physique*, apparso a Ginevra nelle edizione della Librairie de l'Université Georg. La presenza di questo strato solforoso diede l'avvio ad una campagna di studi particolarmente intensa dettata anche da preoccupazioni di ordine tecnico-finanziario, come il timore della corrosione delle condotte a causa della presenza in concentrazione elevata dei composti dello zolfo nell'acqua. La monografia *Il lago Ritom*, comunicazione del servizio delle acque del dipartimento federale degli interni, è stata pubblicata nel 1918 ad opera appunto di Collet, Mellet e Ghezzi e costituisce ancora oggi un testo limnologico di riferimento per quanto concerne il fenomeno menzionato: la meromissi di origine geologica. Questo libro di più di cento pagine sul lago Ritom è articolato in cinque parti e dà un bilancio completo comprendente la topografia, la geologia, lo studio chimico delle acque, lo studio termico delle acque e anche un capitolo sulla comparazione con altri laghi dove esiste un fenomeno meromittico analogo.



Lago Ritom con ex-Hotel Lombardi, foto Borelli, anni '30. Con la costruzione del secondo sbarramento nel 1951 l'albergo è stato demolito ed il sedime sommerso.

Come un lago giapponese

Per accennare alla rarità del fenomeno si può rilevare che i laghi dove è stato possibile osservare situazioni analoghe sono il lago della Girotte nell'alta Savoia, il lago Sinmiyo nel Giappone ed un lago della Siberia. Quanto basti per giustificare anche dal solo profilo conoscitivo diverse campagne di ricerche. La quarta serie è composta dai lavori condotti dai pionieri della limnologia e della protezione delle acque. Infatti, nel 1915 la commissione di idrobiologia della società elvetica delle scienze naturali decise di attuare un programma di ricerche interdisciplinari che

si protrassero poi per oltre un trentennio. Per situare meglio la portata di questi lavori nell'epoca nella quale furono svolti e l'importanza di questa decisione, bisogna considerare che la limnologia (lo studio delle acque dolci come sintesi delle caratteristiche geografiche, geologiche, fisiche, chimiche e biologiche, ad esempio di laghi, stagni, pozze, paludi, ecc.) come scienza era nata da poco. O meglio ancora, stava nascendo in quegli anni, in quanto F.A.Forel, considerato l'inventore della limnologia moderna, aveva pubblicato tra il 1892 e il 1904 i tre volumi della sua monografia *Le Léman* che viene considerata l'atto di fondazione di questa scienza. Piora si avvivava così a diventare una delle culle della limnologia; tutti gli aspetti inerenti lo studio dell'acqua furono trattati in queste indagini, tanto da costituire dei manuali classici per la loro interdisciplinarietà e la loro completezza. Interessante a questo proposito risulta citare le motivazioni che hanno portato alla scelta della regione di Piora per l'attuazione del programma menzionato: *"Questa zona è una regione alpina per eccellenza, essa presenta pure una variabilità ideale che va dai piccoli corsi d'acqua ai fiumi con forte corrente; dalle numerose bolle e paludi, ai laghi alpini relativamente profondi"*.

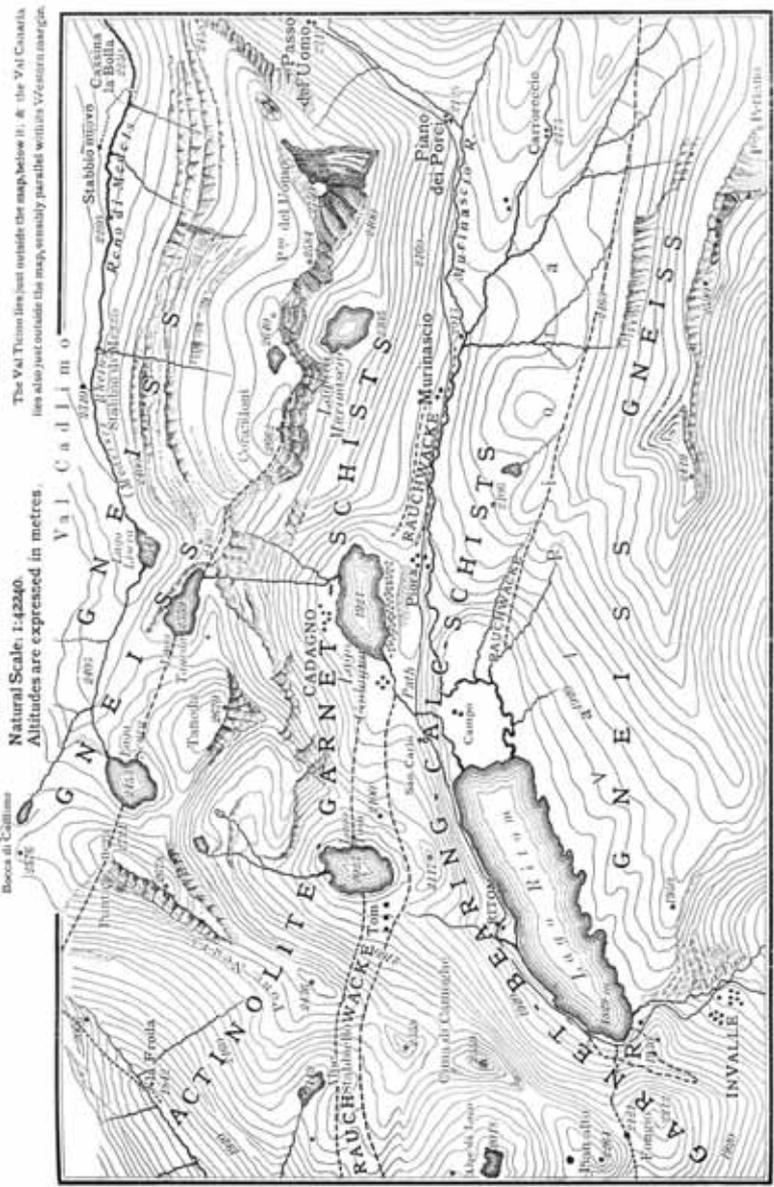
Nello stesso documento che costituisce il programma adottato nel 1916 si prosegue affermando l'intenzione di iniziare una ricerca sistematica dell'idrobiologia della regione "ben delimitata geograficamente", dei corpi d'acqua dove tutte le discipline necessarie alle indagini sull'ambiente idrico dovevano e potevano "trovarsi assieme". *"Proponiamo la Val Piora con le sue valli collaterali, la Val Canaria, la Val Cadlimo e la Val Termine che assieme comprendono 21 laghi, 28 stagni, 14 bolle e 58 corsi d'acqua"*. Si concludeva evidenziando come la presenza di pesci nei laghi di Cadagno e Ritom permetteva uno studio completo delle catene alimentari, inclusa l'ittiofauna. I numerosi articoli e le monografie apparsi sulla rivista svizzera di idrologia (Schweiz. Zeitschr. Hydrol.) appunto fra gli anni 1920 e 1946 sono citati nella bibliografia. Troviamo i grandi nomi della limnologia svizzera come Bachmann, Borner, Brutschy, Bruckhardt,

Die Bodenfauna des Ritomsees und seines Deltagebiets vor der Absenkung (1916).

Von L. Borner, Basel.

Im Auftrage der hydrobiologischen Kommission der S. N. G.

Düggely, Eder, Koch e Surbeck. Inoltre moltissimi risultati di questi lavori di ricerca non sono stati pubblicati su riviste scientifiche, ma possono essere consultati negli archivi di istituti universitari o del politecnico di Zurigo, come ad esempio i risultati delle campagne riprese nel 1946 ad opera del prof. Jaag e dei collaboratori dell'istituto federale per la protezione, l'approvvigionamento e la depurazione delle acque (EAWAG). Prima della seconda opera d'innalzamento dello sbarramento del Ritom sono da menzionare gli ampi studi sulle rive umide e aventi per oggetto le briofite (erbe epatiche e muschi) condotte da Mario Jäggli che pubblicava nel 1944 la monografia *Les Bryophytes du Val Piora*.



MAP OF THE PIORA LAKES.
 [A triangular patch of rauchwacke should have been indicated in the extreme left-hand corner of the map, between Fian alto and Fongio. Also the occurrence of gypsum should have been indicated just above the minerals of altitude 2013, north of the Murinascio stream.]



Le Centre se prête à des

- cours universitaires d'écologie et d'hydrobiologie
- séjours en sciences naturelles
- travaux de laboratoire
- séminaires
- ateliers
- conférences

Position

Le Centre se situe à 1960 mètres d'altitude, dans une vallée des Alpes tessinoises (Val Piora) d'une rare beauté. Il est accessible de juin à octobre.



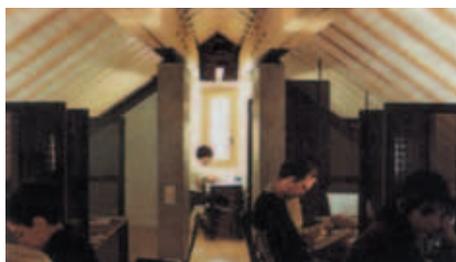
Travail sur le Lac de Cadagno

Accès

- par funiculaire au départ de la centrale hydroélectrique de Piotta jusqu'au Ritom, puis à pied (1 h.).
- par voiture (transit depuis le barrage du Lac Ritom autorisé de 17.00 à 9.00 heures).
- par autocar au départ de la gare CFF de Airolo (à réserver d'avance).



Laboratoire



Bibliothèque

Fondation CBA

- Canton du Tessin
- Université de Genève
- Université de Zürich

Informations et gestion

Istituto cantonale batteriologico
Via G. Buffi 6, 6904 Lugano
Tel. 091 923 25 22, Fax 091 922 09 93
<http://www.ti.ch/DOS/DSP/IstBC/piora.htm>
E-mail: raffaele.peduzzi@ti.ch

Il dispose de

Bâtiment A avec

- une salle de cours
- un laboratoire pour travaux pratiques
- deux laboratoires de recherche
- un local de travail
- un espace archives-bibliothèque

Bâtiment B avec

- un dortoir de 16 lits
- deux chambres de 4 lits chacune
- une cuisine équipée et une salle à manger de 30 places
- une salle d'eau équipée d'un lavabo collectif, deux toilettes et deux douches

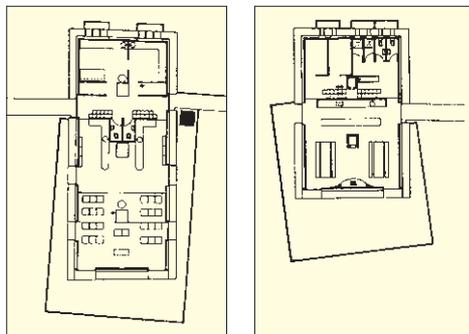
Bâtiment C

dans la Maison d'alpage voisine

- un dortoir de 24 lits
- une cuisine équipée et une salle à manger de 24 places
- un local de travail
- une salle d'eau équipée d'un lavabo collectif, deux toilettes et douche

Autres possibilités de restauration

Restaurant "Canvetto del Carletto"
et Refuge de Cadagno SAT-Ritom.



Studio di architettura F.lli Guscetti - 6775 Ambri



Gentiana lutea



Chlamydomonas nivalis

Discours d'ouverture de la 178^{ème} assemblée annuelle

Bernard Hauck

Institut d'astronomie de l'UNIL, 1290 Chavannes-des-Bois

Prof. Dr, Président Académie Suisse des Sciences Naturelles, Bärenplatz 2, 3011 Berne

Il est pour le président de l'Académie Suisse des Sciences Naturelles un devoir fort agréable: celui d'ouvrir l'assemblée annuelle. Chaque année, grâce à la compétence et au dévouement d'un comité annuel, nous nous retrouvons pour nos assises scientifiques dans un nouveau lieu et ainsi, au fil des ans, nous visitons les différentes parties de la Suisse. Si depuis sa fondation, en 1815, l'Académie a siégé six fois au Tessin, c'est toutefois la première fois que nous quittons la région des lacs. Mais c'est aussi, comme le soulignait dans son avant-propos du programme le Prof. Peduzzi, président annuel, la première fois que nous siégeons dans un canton du Tessin universitaire. Développement que je salue avec joie, car il couronne de nombreux efforts, non seulement ceux en faveur de la création de l'Université de Suisse Italienne, mais aussi ceux faits pour créer et développer des instituts scientifiques de niveaux universitaires au Tessin.

Votre présence, Messieurs les Conseillers d'Etat, non seulement nous honore, mais elle est aussi une manifestation tangible de l'intérêt du gouvernement tessinois pour la recherche scientifique.

Le Tessin, canton alpin, mais du côté sud des Alpes, est un lieu idéal pour parler de la recherche alpine et des transferts de toute nature de part et d'autre des Alpes. La recherche alpine débordait aujourd'hui du cadre des sciences naturelles pour être aussi un axe d'intérêt de l'Académie Suisse des Sciences Humaines et je suis très heureux que nous ayons pu former un groupe de travail interacadémique. Ce groupe de travail est appelé à devenir bientôt une commission. Mais les Alpes ne sont pas limitées à la Suisse et nous nous sommes efforcés de travailler avec les autres pays alpins. Nous avons tout d'abord mis sur pied en 1994, à Disentis, le premier forum européen de recherche alpine, puis nous avons soutenu très fortement les deux forums suivants, en 1996 à Chamonix et cette année à Garmisch-Partenkirchen. Afin d'institutionnaliser la collaboration européenne, nous avons proposé à nos partenaires dans ce domaine, soit l'Académie des Sciences d'Autriche, l'Académie des Sciences de Bavière, l'Académie des Sciences de Slovénie, le pôle européen à Grenoble, l'Istituto Nazionale per la Ricerca Scientifica e Tecnologica per la Montagna et bien évidemment la DG XII à Bruxelles, de formaliser la création d'un comité scientifique européen pour la recherche par la signature d'un accord-cadre. La réunion de Garmisch-Partenkirchen a permis la dernière mise au point de cet accord-cadre et je suis sûr que ce sera le point de départ de fructueuses collaborations entre chercheurs des pays de l'arc alpin. La présence ce soir parmi nous du président de l'Académie des Sciences d'Autriche, le professeur Welzig, est une preuve très directe d'une collaboration efficace et amicale.

Parler de recherche alpine sans parler de la traversée des Alpes n'est, aujourd'hui, pas possible. Curiosité et désir d'échanges et de conquêtes sont certainement deux motifs importants qui ont incité nos ancêtres à franchir les Alpes. La transhumance d'aujourd'hui et les moyens qu'elle nécessite, ainsi que ses conséquences deviennent sujets d'études scientifiques. Le comité annuel en a tenu compte dans l'élaboration du programme, élargissant ainsi notre point de vue traditionnel.

Ce n'est pas la première fois que la traversée des Alpes est évoquée à l'une de nos assemblées annuelles. En 1875 déjà, Jean-Daniel Colladon, professeur à l'Académie de Genève et ingénieur-conseil pour le forage du tunnel ferroviaire du Gotthard, présente à l'assemblée d'Andermatt un mémoire important sur les méthodes de forage et l'avancement des travaux. Si Colladon a joué un rôle de premier plan pour le percement du tunnel, notamment grâce à ses perforatrices à air comprimé, n'oublions tout de même pas que c'est à Colladon que l'on doit la détermination de la vitesse du son dans l'eau.

Dix ans plus tard, lors de la séance d'ouverture de l'assemblée annuelle au Locle, le professeur Auguste Jaccard, professeur de géologie à Neuchâtel et alors président annuel, mentionnait que la construction des chemins de fer et des tunnels avait stimulé la recherche géologique.

Aujourd'hui, plus d'un siècle après ce discours, ce sera le thème de l'une des contributions du symposium principal. Mais, en parcourant le programme général, vous constaterez que les intérêts de nos collègues des sciences de la Terre se sont considérablement élargis et prennent en compte les problèmes d'une société en transition vers le 21^{ème} siècle. Je suis heureux de vous annoncer que nous venons de publier une brochure d'information sur l'enseignement en Sciences de la Terre, brochure destinée aux élèves des écoles secondaires et disponible pour l'instant en allemand et en français, très bientôt en italien.

Pour terminer, je voudrais citer Nicolas Bouvier, écrivain et photographe genevois qui nous a quittés cette année: "Au XVe siècle et au début du XVIe, après que la Suisse des huit, puis des treize cantons, se soit constituée et étendue contre presque toutes les lois qui régissent ordinairement la naissance d'un Etat donc : de la montagne vers la plaine, de la pauvreté vers la richesse, de la rusticité vers la culture et du village vers la ville, elle va connaître un nouvel accès de nomadisme conquérant." Alors que nous fêtons les 150 ans de notre Etat fédéral, cette citation doit rappeler l'importance des Alpes pour notre histoire.

En nous proposant le thème de la recherche alpine et des transversales, le Prof. Peduzzi s'est inscrit dans une longue tradition. Nous lui sommes reconnaissants, à lui et à son équipe, d'avoir mis sur pied cette 178^{ème} assemblée annuelle, assemblée annuelle que je déclare ouverte.



La formation de la science moderne entre Renaissance et Baroque

Marino Buscaglia

Dr. Biol., maître enseignement et recherche, Université de Genève.

Conférence plénière Airolo octobre 1998

“Or, toutes ces choses ne pourront se trouver sous la plume de celui qui fuit la vraisemblance et l’imitation de la nature, en quoi consiste la perfection de l’écrit. Un art ingénieux qui rapproche autant que possible l’invention de la vérité”

(Cervantes, Don Quichotte, I, Ch.47)

I. Introduction

Ce texte est le résumé d’une conférence donnée au pied levé pour remplacer le professeur Paolo Rossi, conférencier irremplaçable. Je me suis volontairement laissé inspirer par son livre récent, simple, érudit et profond (*Nascita della Scienza Moderna in Europa, Laterza 1997*). Ce résumé déplace cependant légèrement la problématique de Rossi pour montrer plus particulièrement l’importance des sciences naturelles à côté de celles de la physique et de la cosmologie dans la création de la science moderne.

L’histoire des sciences n’est ni une simple célébration du passé, ni d’ailleurs sa résurrection. Elle est bien plutôt un effort critique pour saisir la nature de la science à travers sa genèse et son développement. En effet ni sa nature, ni son origine, ni son évolution, ni sa signification culturelle, ni même la validité de ses contenus ne font aujourd’hui l’unanimité. Ainsi l’effort historique contribue-t-il avec d’autres à la clarification de ces controverses.

Des livres de haute vulgarisation et plusieurs remarquables expositions récentes se sont ajoutés à la bibliographie classique et ont contribué à sensibiliser un vaste public à des dimensions trop souvent négligées de la culture de la Renaissance et en particulier à l’immense effort du naturalisme réaliste qui forme les prémisses nécessaires à la "révolution scientifique" du XVII^{ème} siècle¹.

Il ne s’agit pas de décrire les contenus de la sciences, les découvertes, les nouvelles théories, mais bien d’essayer de comprendre comment une nouvelle façon de connaître a pu émerger après la Renaissance. Comment s’est imposée une nouvelle pratique de la connaissance, qui établit un nouveau rapport à la nature qui est celui de la science moderne, que d’aucuns associent franchement à une rupture historique, alors que d’autres y voient surtout des continuités. Tous les historiens reconnaissent cependant le caractère exceptionnel de l’avènement d’une nouvelle forme de science, que l’on place généralement entre 1550 et 1650, entre Francis Bacon (1561-1626), Galileo Galilei(1564-1642), William Harvey (1578-1657) et René Descartes (1596-1650) et qui se termine à la fin du XVII^{ème} siècle avec les *Principia* (1687)² d’Isaac Newton (1642-1727). Une science qui plonge ses racines dans des périodes beaucoup plus anciennes, mais dont la dynamique universalisante ne s’établit qu’à partir du XVII^e siècle. Le phénomène est très complexe: il implique un renouveau méthodologique³ autant qu’une nouvelle vision du monde et de nouvelles pratiques socio-économiques. Pour comprendre ce qui se passe au tournant du XVI^e siècle, il faut en chercher les bases et les raisons dynamiques juste avant, dans la période de crise et d’ambiguïté qu’est le maniérisme.

Bien que les cultures européennes soient à la Renaissance essentiellement marquées par des particularismes géographiques, les périodes successives, maniériste et baroque, tendent à réduire les différences entre microclimats idéologiques et à former des ensembles culturels plus homogènes.

Les cadres socioculturels de la nouvelle science

Deux difficultés majeures, que nous ne résoudrons pas, s'imposent lorsqu'on aborde l'histoire des sciences dans ses rapports à l'histoire des sociétés. L'évolution des sciences est-elle déterminée par des facteurs historiques plus généraux? Influe-t-elle sur eux ou ne sont-ils que juxtaposés? Une autre question concerne les rapports entre micropopulations avant-gardistes et traditionalistes à l'intérieur d'un même ensemble. Bien que ces problèmes exigent beaucoup de prudence dans l'analyse et la synthèse, ils ne doivent pas empêcher l'historien de proposer des simplifications. La science moderne s'est composée entre Renaissance et Baroque, une période dans laquelle on distingue des styles culturels différents⁴.

Ainsi, la **Renaissance** (1400-1500) est une période optimiste, confiante dans la force créatrice de l'humanisme qui réconcilie l'homme avec l'histoire et avec la nature. C'est le moment du renouveau de la conquête du réalisme naturaliste.

Le **maniérisme** (1500-1600) est, par contre, une période de crise de confiance dans les fondements. L'ordre du monde est perdu, les pactes intellectuels et esthétiques sont rompus. Les formes qui sont comprises comme arbitraires constituent le vocabulaire d'une distributoire utilisable mais discutable. La Réforme émerge et stimule, dans le monde catholique, le renouvellement du Concile de Trente (1545-1563). Dans le domaine scientifique, les inventaires naturalistes présentent une nature pulvérisée en ses parties et qui n'entretient que des liens très lâches avec les théories. Il y a une sorte d'indépendance réciproque entre données empiriques et théories, car ces dernières sont trop vastes pour être altérées ou confirmées par les données. L'époque **baroque**, enfin, reconquiert l'autorité et le sens de l'universalité dans le fond et dans le style. La science moderne émerge vers 1600 lors des prémisses du baroque. Les théories se lient alors très fortement aux données empiriques, au point que les théories et les données formeront dorénavant un couple dynamique. Les théories sont mieux fondées sur la réalité, mais paradoxalement plus fragiles, plus convaincantes mais leur pérennité devient très incertaine. Le rapport à l'expérience de la nature s'impose comme nécessaire.

L'apparition d'une nouvelle science de la nature entre la Renaissance, le Maniérisme et le Baroque représente plus un moment d'amplification d'innovations préexistantes qu'une nouveauté absolue. Plusieurs auteurs s'accordent cependant pour dire que cette amplification n'est pas simplement quantitative, mais qu'elle entraîne des changements qualitatifs majeurs⁵.

Un véritable laboratoire socioculturel

Nous avons vu que la nouvelle science coïncide, sur le plan général, avec des événements socioculturels et idéologiques extra scientifiques. Il est souvent nécessaire de procéder par comparaison et de souligner les correspondances pour accéder à la généralité des significations historiques. Leur convergence avec des transformations internes des sciences naturelles a fortement contribué à l'émergence de la science moderne...

Bien que les éléments constitutifs de la nouvelle science aient préexisté à sa création vers 1600 et ne se soient rassemblés et coordonnés, qu'assez tardivement, au cours du XVII^e siècle, en un ensemble efficace, il paraît légitime d'examiner dans cet article comment ces quelques tendances précoces ont formé les fondements nécessaires à la crise qui apparaît au début du XVII^e siècle. Aucun de ces éléments n'est en soit suffisant pour constituer la scientificité moderne, mais ils contribuent tous à faciliter ce que plusieurs historiens appellent la Révolution scientifique⁶. C'est une révision innovatrice des rapports cognitifs et pragmatiques de l'homme face à la nature, qui apparaît aussi bien dans l'expérimentalisme critique de Galilée que dans son universalisation, dès 1605, en une véritable cosmologie général fondée sur l'oeuvre déjà ancienne de Copernic (1473-1543) et celle de Kepler (1571-1630), dont Newton tirera, plus tard, des con-

séquences majeures dans ses *Principia*. Ce qui change avec Bacon, Galilée, Harvey, Descartes et plus tard Boyle (1627-1691) et Newton, c'est bien la place de l'homme dans la nature. Cependant, que l'on considère la nouvelle science comme une véritable révolution cognitive ou qu'on en reconnaisse, au contraire, la dimension continuiste, il reste difficile de ne pas y déceler, à côté d'aspects proprement innovateurs, des résistances et des archaïsmes dont certains persistent peut-être encore aujourd'hui. Nous distinguerons, dans cet article, les conditions du renouvellement des formes nouvelles prises par la nouvelle science.

2. Les conditions du renouvellement

Par conditions nouvelles, ils faut entendre des idées et des pratiques extra scientifiques touchant la société et les institutions et qui ont favorisé le développement scientifique.

C'est d'abord une **idéologie de la nouveauté** qui se répand et dont de nombreuses traces apparaissent directement au niveau des titres d'ouvrages. Bien que le terme "Renaissance" soit bien plus tardif, le moment historique lui-même comprend la double signification de restauration, de prolongation et de recréation innovatrice de l'Antiquité.

Dans les nouvelles règles de la culture et de la science en particulier, le **thème du renouvellement, de la rénovation des connaissances et des méthodes**, hérité de l'Antiquité par la Renaissance, est à l'ordre du jour. Entre 1550 et 1650 apparaissent divers textes de littérature et de musique qui tous indiquent l'idée de nouveauté. Bornons-nous à citer dans cette avant-garde la *Nouvelle pratique* de Monteverdi (1567-1643), *L'Antica musica ridotta alla moderna prattica* de Nicola Vincentino ou encore les *Inventiones modernes et curieuses* de Marini (1587-1663). Dans le domaine scientifique, les titres suivants parlent d'eux-mêmes: *Nova Scientia* 1543, *Machinae novae* 1595, *Novo teatro di machine et edificii* 1607, *Novum Organum Scientiarum* 1620, *New Atlantis* 1627, *Discours sur deux nouvelles sciences* 1638⁷. Le mot d'ordre est clair: il faut innover. Mais de quelle façon?

Force est cependant de constater que ni les références à l'Antiquité, ni les conceptions libératrices ne sont unanimes. D'une manière générale, Aristote (383-322) reste très lu et commenté, bien qu'il soit supplanté chez les naturalistes par Démocrite (460-370?) et surtout Lucrèce (98 ou 95-55). Par ces références, le savant annonce ses préférences méthodologiques et manifeste sa solidarité avec un type de science plus empirique. Des réseaux démocritéens se constituent, qui prônent l'étude directe de la nature et affirment leur antiaristotélisme, sans pour autant renoncer à lire Aristote et à s'en inspirer. Il est patent que les oeuvres de Galilée, Descartes, Bacon, Harvey ou Severino (1580-1656), pour se limiter à celles-ci, peuvent être présentées comme de dramatiques ruptures avec l'aristotélisme servile, mais restent cependant très informées de la pensée d'Aristote.

La Révision du statut de l'homme dans l'humanisme renaissant, qui est lié à la révision du primat religieux manifesté par la Réforme, a également été un facteur favorisant le développement d'une science de la nature. Les mutations et conséquences post-tridentines sont trop complexes et paradoxales (tout à la fois soutien enthousiaste et résistance acharnée à la science) pour être sérieusement abordées dans cette évocation limitée. L'homme individuel et collectif devient le centre de référence de l'interprétation du monde et de la nature. Certes l'idée de Dieu reste opérante, mais c'est maintenant le temps de l'histoire et de l'industrie humaine qui importe le plus, ainsi que l'espace naturel de la géographie

A ce niveau également, on s'aperçoit que le respect de l'Antiquité va souvent de pair avec l'esprit de la modernité. Les naturalistes les plus significatifs attachent plus d'importance aux méthodes scientifiques de l'Antiquité qu'aux données et théories⁸. Dans son *De Motu cordis* (1628), qui établit la circulation du sang par la mise en place de démonstrations (anatomiques, physiologiques, quantitatives etc.) en un véritable théâtre systématique de la preuve, William

Harvey n'hésite pas à citer abondamment le gréco-romain Galien (131 ou 129-201). Dans ses *Exercitationes de Generatione animalium* (1651), enfin, il se réfère explicitement à la méthode de son maître à Padoue, Fabricius d'Aquapendente, qui est à mi-chemin entre Galien et la nouvelle anatomie fonctionnelle.

Pour Francis Bacon, l'homme, face à l'Antiquité, ne doit pas "être un juge mais un guide nouveau". Dans la même période, la dimension pragmatique et transformatrice de l'homme est réaffirmée. Plusieurs "Éloges" de la main et du savoir-faire apparaissent chez les auteurs et particulièrement chez Giordano Bruno (1548-1600). Une connaissance autant pratique que théorique héritée des guildes médiévales oriente les programmes des nouvelles académies. D'une certaine manière, les académies saisissent mieux les nouveaux courants scientifiques utilitaires auxquels les universités, plus soumises à l'autorité, résistent encore.

Dès le début de la Renaissance intervient donc un **changement dans les rapports entre connaissance et action**, qui se radicalisera autour de 1600.

On ne peut minimiser la révision des rapports qui s'établissent entre logique, étude de la nature, action sur la nature et activité utilitaire. Une nouvelle pratique s'impose, moins théorique, plus pragmatique que grammaticale. La logique reste essentielle, mais se soumet au contrôle empirique par l'observation et l'expérience.

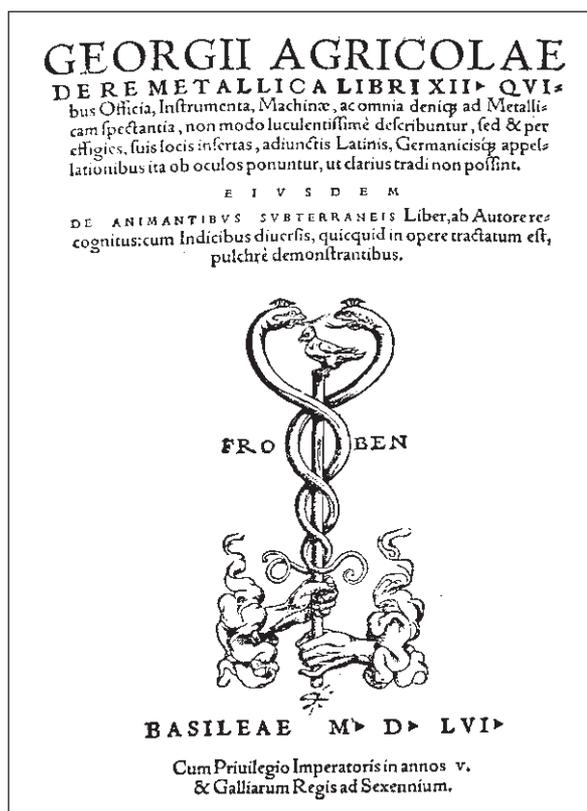


Fig.1 Savoirs techniques et industrie humaine dans le titre du célèbre *De Re Metallica* d'Agricola (1556).

Dans l'étude du mouvement, par exemple, le concept théorique ancien de *l'impetus* (qui serait une propriété inhérente au solide en déplacement) est remplacé dans la science de Galilée et de Newton par des équations de la modalité du mouvement. Il ne s'agit plus de savoir ce qu'est le mouvement, mais bien de comprendre comment il se fait et comment on peut le maîtriser pour le meilleur et pour le pire (industrie, balistique etc). Sur le plan social et pratique, c'est tout le statut de la cognitivité qui change. L'artiste, l'architecte, l'ingénieur, le naturaliste, l'anatomiste etc. acquièrent un statut jusque là réservé aux écrivains et théologiens. Ils sont les nouveaux génies, les constructeurs qui façonnent la nature et en expriment plus librement les formes!

Ces remaniements socio-culturels **modifient les statuts sociaux des artistes et des savants**. Dans le même temps, des révisions conflictuelles des statuts sociaux de certaines professions apparaissent. Les artistes, ingénieurs, naturalistes cherchent dans les académies leur autonomie, ainsi qu'une nouvelle dignité équivalente à celle des universitaires. A la fin du Moyen Age et pendant la Renaissance, cette revendication est principalement reconnue dans les régions où prédomine la vie communale et commerçante (Flandres. Italie, Angleterre etc.). Le rôle des académies soutenues par les villes commerçantes (Padoue, Bologne) ou par de petites cours aristocratiques est également significatif. L'*Accademia dei Lincei* (1602) à Rome et celle du *Cimento* (1657) à Florence sont exemplaires. L'intérêt des grandes cours intervient plus tardivement avec, par exemple, la création de la *Royal Society* de Londres (1662) ou de l'Académie Royale des Sciences de Paris (1666). C'est alors l'utilité économique des sciences qui retient l'attention des fondateurs d'Académies et d'Instituts des sciences⁹. La science devient un outil du pouvoir tout autant qu'une activité de connaissance.

Les sciences naturelles reposent donc également sur l'activité des ingénieurs, artisans et techniciens. L'usage de la technique est directement lié à la pratique d'une science naturelle expérimentale. Ne faut-il pas construire des instruments, imaginer des modèles? Cependant la technique n'a pas les mêmes finalités que la science. Ici, il s'agit d'agir, et là de comprendre.

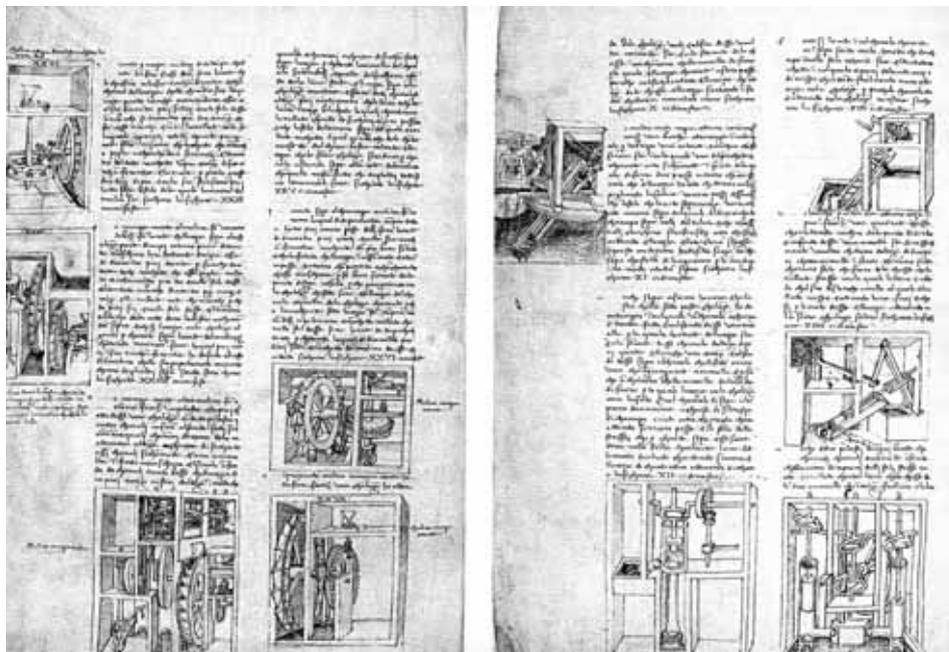


Fig. 2 Cette figure montre la finesse des traités de mécanique utilitaire à la Renaissance (D'après Paolo Galluzzi, 1995, Op. cit.)

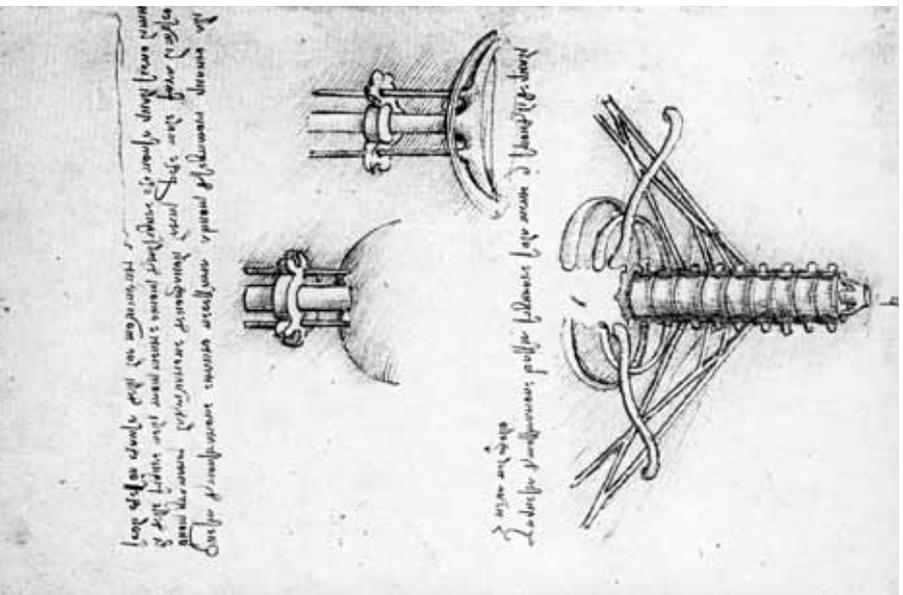
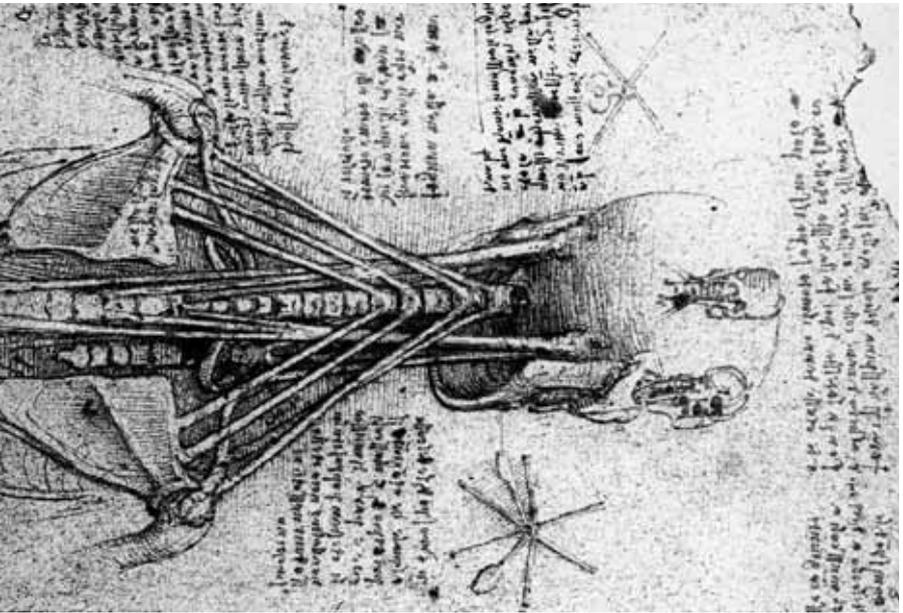


Fig. 3 L'anatomiste est un ingénieur, l'organisme est représenté comme une machine (dessin de Leonard de Vinci). (D'après Paolo Galluzzi 1995, Op. cit.)

Il est aujourd'hui bien attesté que la technologie médiévale (qui a compilé et augmenté les sources gréco-romaines, arabes et byzantines) forme le soubassement de l'explosion technologique renaissante. De nombreux manuscrits et traités de mécanique appliquée montrent que le XV^{ème} siècle maîtrise la construction de machines qui dépassent nettement en complexité celles des traités antiques. L'art de construire, mais aussi l'appropriation de sources d'énergies naturelles (vent, eau) en retire d'évidents avantages. Essentiellement pratique, la technologie post médiévale n'est ni théorique, ni explicitement prédictive. Il suffit cependant de considérer les manuscrits d'un Francesco di Giorgio Martini (1439-1502) pour se convaincre de l'avantage que la science naissante a pu retirer d'une telle sophistication. L'oeuvre tentaculaire de compilation et d'innovation d'un Leonardo da Vinci (1452-1519) est bien sûr connue de tous. Elle se prolonge dans de véritables célébrations utilitaires comme le *Théâtre des instruments mathématiques et mécaniques* (1569) de Jacques Besson.

Il faut aussi se rappeler que le *Traité des deux nouvelles sciences* (1638) de Galilée, que l'on peut tenir pour l'acte fondateur de la nouvelle science, est un dialogue qui s'enracine dans une des plus grandes entreprises industrielles du temps: l'Arsenal de Venise. Enfin le *De Re metallica* (1556) de Georg Bauer, dit Agricola (1494-1555), qui mêle en son titre la connaissance des minéraux et les techniques qui permettent leur extraction, figurait dans les églises du Nouveau Monde à côté de la Bible. Ainsi la spiritualité en était-elle réduite à côtoyer en ses temples les nouvelles règles de l'Eldorado géologique!

Cet art mécanique n'est pas sans conséquences pour les sciences du vivant. Pour se borner à des exemples très célèbres, les figures anatomiques de Léonard sont souvent traitées comme

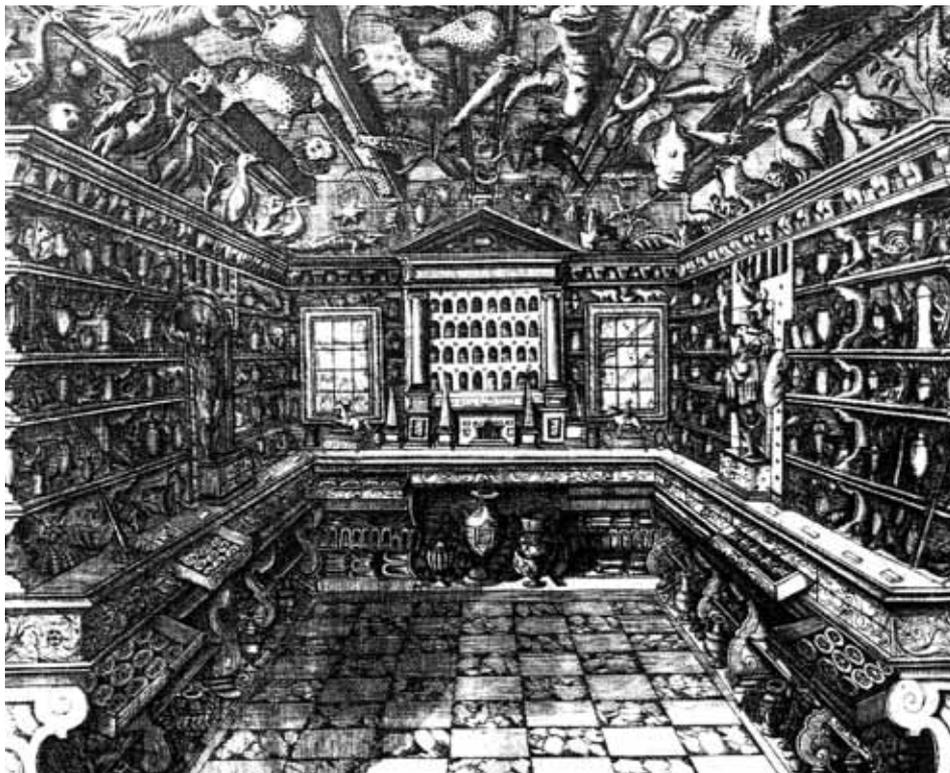


Fig. 4 Musée de science naturelle maniériste du collectionneur Francesco Calzolari (1522 - 1609) à Vérone. Le musée montre "tout ce qui peut se voir de beau, de rare et de bon pour les plus érudits et les esprits les plus éveillés de notre temps". (Garcia de Orta)

des structures mécaniques (axe, poulie, courroie etc.)¹⁰, la "fabrique" anatomique de Vésale (1514-1564), son *De corporis humani Fabrica* (1542) et le *De Revolutionibus orbium coelestium* de Copernic, qui fonde l'héliocentrisme, sont tributaires des images de machines et le modèle mécanique des organismes proposé avec succès par Descartes vient en partie de là et son influence sur le *De motu animalium* (1680) de Borelli (1608-1679) est explicite.

La **philologie humaniste exerce également des effets multiples** sur la constitution de la nouvelle science. D'abord parce que la connaissance de la science antique dépend naturellement de la publication des textes, mais l'influence de l'humanisme ne se borne pas à cela¹¹. Une rationalité adaptée à son objet devient l'outil prépondérant de la culture humaniste comme elle le devient pour la science. A titre d'exemple, l'effort de critique rationnelle des langues culmine dans un texte remarquable de Bembo (1470-1547), qui réhabilite les langues vulgaires et initie un type de relation critique analytique qui sera souvent imité¹².

Plusieurs oeuvres littéraires ont été recopiées au Moyen Age déjà, mais les textes scientifiques étaient plus rares et même l'oeuvre d'Aristote restait très incomplète¹³. L'humanisme renaissant s'attache à une entreprise systématique de recherche des textes et d'édition critique. Des textes de science naturelle, de médecine et de philosophie sont alors édités en version critique. Ainsi des éditions de Galien, d'Aristote et le *De Rerum Natura* de Lucrèce sont mis à la disposition des érudits. Cet effort de découverte et d'établissement des textes n'est qu'une partie de l'entreprise de résurrection des valeurs humanistes de l'Antiquité. Il ne s'agit pas seulement de répéter les connaissances antiques et d'en compiler les résultats pour les imiter, mais bien plutôt de comprendre les raisons et les méthodes qui ont permis l'essor de la civilisation gréco-romaine. Ainsi, rapidement, les textes méthodologiques retiennent-ils l'attention des éditeurs. Les connaissances scientifiques fondées sur la lecture d'abord, puis sur l'activité propre des scientifiques renaissants et maniéristes s'accumulent alors considérablement.

Le mouvement humaniste influence aussi les comportements des naturalistes qui s'attachent à examiner les objets naturels comme on examinait les mots lors des établissements de leçons critiques du texte à partir de versions manuscrites divergentes. L'exactitude, l'opiniâtreté, l'esprit d'observation se développent. Ainsi de la correction de mots erronés, les naturalistes passent à la correction des contenus scientifiques, en comparant les choses de la nature à ce que les anciens en disent. Puis cette phase de correction des données se transforme en une véritable amplification des connaissances par description d'objets nouveaux. C'est ainsi que la comparaison des flores méditerranéennes avec les plantes décrites, par exemple, par Dioscorides, permet de corriger cet auteur, mais génère également un effort nouveau pour décrire plus systématiquement les végétaux qui lui avaient échappé. De véritables inventaires botaniques et faunistiques sont entrepris par exemple par l'Allemand Leonart Fuchs (1501-1566) ou par Conrad Gessner (1516-1565), de Zürich, qui avait commencé, comme érudit, par des inventaires de mots et des dictionnaires littéraires. Les inventaires d'abord limités aux régions méditerranéennes s'étendent également aux pays du nord des Alpes, puis après 1492 et les grandes découvertes à toutes les régions connues du monde. Inspirés par quelques exemples médiévaux, les **naturalistes voyageurs** s'appliquent à décrire les choses (anatomistes, botanistes, zoologues, etc.) aussi bien que les lieux du monde (géographes). Mais la méthode est toujours la même. Observer dans la nature, comparer avec les livres afin de corriger les livres. C'est ainsi que les études humanistes, couplées avec les techniques principalement picturales de la reproduction réaliste de la nature ont entraîné une augmentation considérable des inventaires réalistes, sans d'ailleurs que l'on songe, dans un premier temps, à organiser ces savoirs autrement que par leur introduction par ordre alphabétique dans d'immenses dictionnaires de la nature. Les collections naturalistes s'amplifiaient donc dans des proportions qui ne permettaient ni à l'ordre constitué sur les étagères d'exposition¹⁴ ni à celui des dictionnaires de désigner le sens naturel de ces ensembles. En effet ni l'ordre des livres, ni celui des cabinets des merveilles¹⁵ ne représentaient l'ordre de la nature. Et ce n'étaient pas les timides tentatives de mise en ordre et de classification imitant les catégories trop élémentaires ou anth-

ropomorphiques léguées par l'Antiquité qui permettaient de projeter un véritable programme naturaliste. En fait, c'est face aux prodigieux dictionnaires naturalistes d'un Aldrovande (1522-1605) de Bologne, par exemple, que la nécessité d'une nouvelle gestion des données, plus conforme à la nature se fit jour. Et c'est ainsi que nous devons aborder et comprendre les essais de Francis Bacon et particulièrement son *Novum Organum* de 1620. Il essaye de faire des données sensibles la base crédible d'une science naturelle comparative et inductiviste. Il y a, chez Bacon, en même temps une grande confiance dans les inventaires géants de l'époque maniériste et la conscience aiguë de la nécessité de les organiser autrement. On sait que ce projet, allié à l'expérimentalisme de Galilée, sera l'un des moteurs de la nouvelle science.

De l'humaniste à l'homme de science; quelques exemples

Les oeuvres de Nicolò Leonicensis (1428-1524) à Ferrare et de Conrad Gessner en Suisse suivent des trajectoires exemplaires qui inspirèrent les grands inventaires naturalistes critiques de la fin du XVIe siècle, d'Ulisse Aldrovande à Bologne, de Thomas Mouffet (1553-1604) en Angleterre et de beaucoup d'autres.

Le philologue Leonicensis s'adonne d'abord à l'édition critique des textes antiques, dont quelques textes scientifiques. Il établit ensuite une leçon acceptable des oeuvres naturalistes de Plinius l'Ancien (23-79), qu'il commente. Passant enfin de la critique du texte à la critique des contenus, il publie en 1492 son fameux *De Plinii et plurimum aliorum in medicina erroribus* qui diffuse chez les savants la nécessité de corriger les données scientifiques reprises de l'Antiquité. Il ne s'agit plus pour lui de comparer des mots à des mots, mais les descriptions d'objets naturels aux objets eux-mêmes. Il ne suffit plus alors de corriger des données acquises, il faut encore les prolonger et en proposer d'autres. S'appuyant sur les techniques réalistes

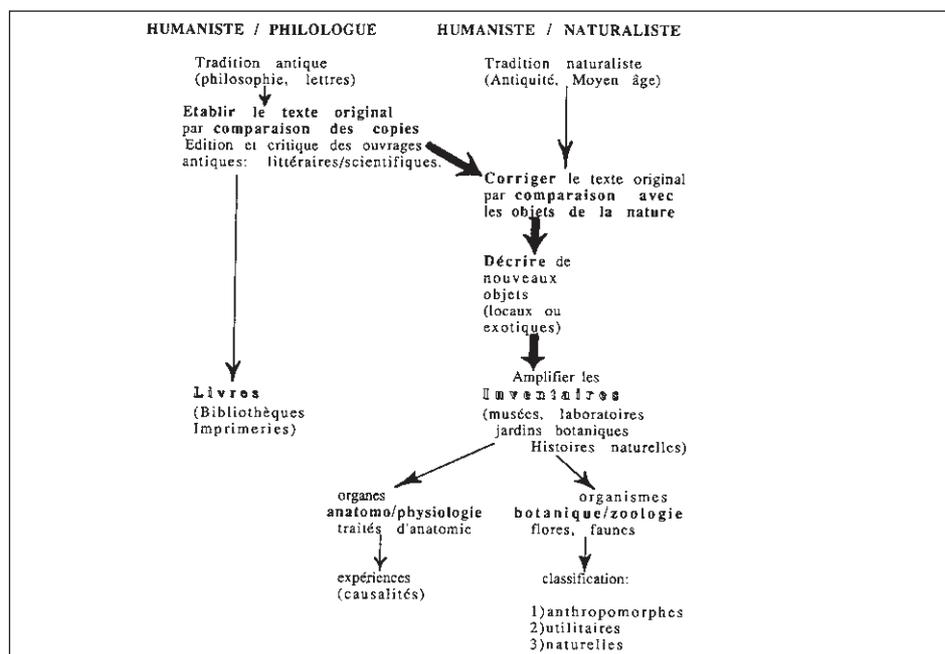


Fig. 5 Tableau montrant les filiations formatrices des sciences naturelles à partir de différentes disciplines (D'après Buscaglia, 1994, Op. cit)

de description et de représentation, les savants vont reprendre les inventaires antiques (faunes, flores, physiologie et anatomie), les étendre à des objets locaux, puis européens, planétaires enfin après 1492. L'influence stimulante de Leoniceo sur l'étude de la nature directement dans la nature, et particulièrement sur les anatomistes et physiologistes Gian Battista Canano (1515-1579) et Gabriele Falloppio (1523-1562) a été déterminante¹⁶. Comme nous l'avons dit plus haut ces efforts ne sont pas sans conséquences. L'augmentation des corpus obtenus par cette approche est si formidable que leur classification dans des dictionnaires selon l'ordre arbitraire des noms va rapidement se révéler impraticable. La méthode inductive de Bacon et des systématiciens est une réponse à cette difficulté. La mise en ordre des inventaires doit alors émerger de la structure même des objets qui les composent. C'est l'application de la raison à la nature qui doit générer les principes explicatifs. Le concept d'induction ne cessera de hanter la conscience des savants et ce jusqu'à aujourd'hui, malgré les sévères critiques de Hume (1711-1776) et de Charles Popper (1902).

Mais ce souci d'exactitude et d'exhaustivité dans l'établissement des inventaires de la nature se développe d'abord également dans la culture non scientifique de la philologie humaniste. Gessner propose dans ses *Bibliotheca universalis* (1545) et *Pandectarum libri* (1548) des listes commentées de tous les livres publiés et une classification des activités cognitives avant d'aborder directement l'étude des animaux et des plantes dans ses impressionnantes Histoires illustrées des animaux et des plantes, comme son *Historia animalium* (1551-1558). La même opiniâtreté dans la minutie descriptive se retrouve chez ceux qui veulent faire renaître le goût antique et dont les inventaires archéologiques sont remarquables tant par leur ampleur que pour la finesse du repérage et de la représentation des détails formels¹⁷. Il est particulièrement frappant de voir sur les images représentant des humanistes au travail, combien leur attitude sérieuse et attentive, leurs propensions à prendre des notes immédiates, sur le vif, le regard allant de l'objet à leur papier, ressemble à celle des naturalistes penchés sur les objets de la science¹⁸.

Ces mouvements culturels intenses trouvent leur principal moyen de diffusion dans l'imprimerie, inventée par Johannes Gensfleisch zum Gutenberg (1400-1468) autour de 1455, une technique qui part d'Allemagne mais se répand dès le XVe siècle dans toute l'Europe. A la fin du XVe siècle, plus de 250 villes possèdent des imprimeries¹⁹. La formation de réseaux de savants passe alors par les imprimés et par les correspondances personnelles. Ce n'est qu'au XVIIe siècle que quelques journaux scientifiques²⁰ et les académies prendront le relais dans leurs comptes-rendus²¹.

Le terreau de l'hermétisme

Depuis le livre pionnier de Yates²², il n'est plus possible de négliger l'un des environnements les plus favorables à l'éclosion du mouvement de la science moderne. En effet, bien des naturalistes engagés dans ce renouvellement majeur des rapports entre l'homme et la nature, ont soit connu, soit même participé au courant hermétique.

D'origine probablement égyptienne, repris par les Grecs de Sicile, cette pensée fait référence à des théories du monde, considérées comme éternelles et trop profondes pour être partagées avec le vulgaire. Théories mystiques des nombres, procédures alchimiques et passion pour les phénomènes naturels étaient réservées à une élite qui les pratiquait en secret. Bien des concepts et méthodes des sciences viennent de là. En effet, pour l'hermétisme la réalité ne peut qu'aboutir à des significations éternelles manifestées par les nombres. L'idée heuristique selon laquelle les nombres sont la langue de la nature était donc déjà présente. Chacun sait que les mathématiques deviendront l'outil performant des sciences naturelles quantitatives²³.

Il suffisait de changer de perspective: alors que l'hermétisme croit devoir répéter éternellement les mêmes mystères et cultiver le secret, la nouvelle science s'ouvre à tous et s'oppose préci-

sément au secret. Elle diffuse explicitement ses résultats et surtout ses méthodes, afin de donner à tous la possibilité de participer à la connaissance, mais aussi de façon à favoriser l'amplification et la consolidation des résultats. Cette pratique a également pour conséquence de donner à chaque expérience ses témoins virtuels - ceux qui vont répéter l'observation selon les méthodes prescrites afin d'en contrôler la véracité-, en plus d'éventuels témoins directement présents. C'est aussi dans cette perspective qu'il faut comprendre les essais plus ou moins fructueux pour remplacer le latin par les langues vulgaires. La nouvelle science est donc ouverte au public et diffusée grâce à l'imprimerie. Elle ne veut pas imposer, mais convaincre, et doit donc donner les possibilités du contrôle. Il ne faut alors pas seulement renoncer au secret mais critiquer la politique du secret. Il ne s'agit plus de se complaire dans l'évocation de rituels complexes, mais d'aborder le plus simplement possible des phénomènes qui, eux, sont complexes.

3. Éléments constitutifs du renouvellement scientifique

Il est temps d'aborder les éléments qui touchent directement à la nature même de la science, qu'il s'agisse de dimensions très larges (comme la mesure du temps et la représentation de l'espace), de nouvelles organisations cognitives impliquant les rapports entre théorie et nature, de nouvelles façons de conduire les observations et les expériences ou encore des méthodes particulières.

Mesure du temps et maîtrise de la représentation spatiale.

Johannes Kepler remarque dans son *Astronomia nova* (1609) que les grands voyageurs, Colomb (1451-1506), Magellan (1480-1521) et les autres Portugais racontent autant leurs errances que leurs itinéraires fructueux et l'astronome conclut que ses récits de science suivront cet exemple. Ces propos méritent commentaire parce qu'ils assimilent le voyage réel dans l'espace terrestre aux pérégrinations imaginaires ou rationnelles dans les systèmes cosmologiques. Il n'y a donc qu'un seul espace, comme le comprend aussi Galilée, et la science est une errance qui mène vers un aboutissement qui prend du temps. Remarquons enfin que les naturalistes qui décrivent les objets, les êtres et les phénomènes du monde, le cosmologue qui saisit les mouvements des corps célestes et les géographes participent finalement tous de la même science. Ils projettent leurs raisonnements sur les choses puis contrôlent dans la réalité qu'elles sont bien conformes et à la place que les modèles (théories ou cartes de géographie, peu importe) postulent. C'est bien là ce mariage de la nature, de la raison et de l'action que Francis Bacon met au centre de sa nouvelle science inductive.

Si l'on excepte quelques instruments antiques et médiévaux décrits par Vitruve et peu diffusés, on peut considérer que c'est à la Renaissance qu'apparaît pour la première fois une maîtrise mécanique de l'écoulement du temps, ainsi que des méthodes pour représenter l'espace physique.

Grâce aux premières horloges mécaniques à échappement de la fin du Moyen-Age (Dondi 1340), le temps laïque remplace le temps rituel catholique²⁴. Parallèlement les géomètres et les peintres comprennent les lois de la représentation perspective de l'espace. Paolo Uccello (1397-1475), Albrecht Durer (1471-1528) et beaucoup d'autres se passionnent pour cette nouvelle possibilité ouverte à la peinture. Par elle, il est désormais possible de situer les choses et les phénomènes dans l'espace et le temps. Les inventaires des objets de la nature prennent chez les peintres et les illustrateurs une signification plus réaliste.

Changement du rapport entre théorie et réalité

Les rapports avec la philosophie sont essentiels mais difficiles à saisir. Classiquement les historiens associent les mouvances aristotéliennes et leur dépassement au renouveau des études directement dans la nature et le platonisme aux avancées des sciences plus théoriques, comme la géométrie et les mathématiques. Plusieurs philosophes²⁵, particulièrement Pierre Pomponace (1462-1524), Bernardino Telesio (1509-1588) et Giordano Bruno (1548-1600), qui ont souvent eux-mêmes une pratique naturaliste, proposent d'étudier directement dans la nature, contribuant ainsi à préparer les mentalités pour une science indépendante, utilitaire et concrète, dont le héros le plus connu est évidemment René Descartes.

Ces transformations ne se marquent pas seulement dans la pratique et les institutions du savoir scientifique, mais également dans les projets utopiques de société. Ainsi, de Moore et Bacon à Swift en passant par Campanella les grandes utopies²⁶ intègrent-elles la science dans leurs vastes desseins.

La rencontre entre théorie et données n'a pas toujours eu la signification dialectique acceptée aujourd'hui. C'est en effet une des conséquences majeures de la révolution scientifique du début du XVII^e siècle d'avoir resserré les liens intimes entre les théories scientifiques et les données que l'empirisme scientifique obtient par l'usage conjugué de la raison et des contrôles par observation et expérience. La science renaissante ne connaît pas cette intimité, soit qu'elle surestime les idées et demeure franchement néoplatonicienne, soit qu'elle ne se préoccupe que du concret. Quelques centres comme Padoue montraient bien, sous influence aristotélienne, les prémisses d'un accord entre pensée et nature, mais généralement les grandes théories organisaient les savoirs sans que l'on puisse explicitement les appliquer à des données empiriques spécifiques. C'était, par exemple, le cas de la théorie qui postulait des correspondances entre macrocosme et microcosme. La nécessité de modifier ces théories ne se faisait pas sentir, elles persistaient intactes et toujours aptes à assimiler n'importe quelle donnée. C'est peut-être là qu'il faut chercher la faiblesse des tentatives pour organiser les inventaires botaniques et zoologiques en fonction de comparaisons de caractères naturels.

Après 1600 tout change et il s'établit un équilibre plus dynamique entre les théories et les données. En effet chez Harvey, Galilée, Pascal (1623-1662) ou Torricelli (1608-1647) les données manipulées par la raison peuvent sérieusement entamer la crédibilité des théories ou, au contraire, les confirmer. Quant à ces dernières elles inspirent des hypothèses que seul le retour à la réalité empirique peut discriminer. Dans la nouvelle science les théories sont génératrices de nouvelles expériences. Le rythme de la recherche ne cessera dorénavant de s'accélérer. Aux théories trop immédiatement générales et peu critiques qui précédaient la nouvelle science, succèdent des théories modernes qui se forgent spécifiquement dans chaque discipline et dont l'universalité ne s'impose que secondairement.

Si l'on ajoute à cela la recherche de plus en plus fréquente de données quantitatives et la conviction, chez Galilée ou d'autres et d'ailleurs déjà chez Léonard de Vinci, que les mathématiques sont la véritable langue de la nature, on saisit l'ampleur de la mutation cognitive que représente la nouvelle science.

Les bases du réalisme naturaliste de la Renaissance

Le réalisme est un phénomène culturel général de la Renaissance. L'usage scientifique de l'imaginaire diminue alors que les données concrètes ne cessent d'augmenter. Cette tendance avait été précédée par quelques essais non généralisés en pleine période médiévale.

Dans la première partie de la Renaissance c'étaient les "nombres d'or", les *Divinae proportionae*²⁷, qui dominaient le travail des géomètres. Cependant un mouvement strictement réaliste traverse l'époque entière et s'amplifie jusqu'au XVIIIème siècle²⁸. Ce réalisme descriptif, inspiré des sources antiques (Aristote, Dioscoride, Lucrèce, Pline etc.) touche simultanément les naturalistes et les milieux artistiques qui vont s'appliquer à décrire correctement les organismes vivants, les paysages etc. A ces deux milieux, il faut ajouter la pratique des activités triviales et populaires, mais riches d'enseignement de la pêche, de la chasse et de la boucherie.

Une géographie réaliste fondée sur les témoignages directs se développe également et permet



Fig.6 Exemple de dessin naturaliste chez un peintre de la Renaissance. (Un Loir dans quatre positions différentes par Pisanello, (Musée du Louvre, inventaire, 2387)

de dater et de localiser toute chose décrite. Or nous savons que les coordonnées spatio-temporelles augmentent les effets persuasifs d'une observation. Ce qui est vu ici et maintenant est plus facilement cru.

L'histoire de la représentation naturaliste depuis les dessins médiévaux de Giovanni De'Grassi (actif vers 1380) jusqu'au grand réalisme de la Renaissance a été abondamment commentée. De la "mouche de Giotto", si bien peinte qu'on a voulu la chasser de la toile, au réalisme zoologique de Pisanello (1395-1450)²⁹, puis aux paysages, plantes, animaux et préparations anatomiques de Dürer et Vinci, les exemples sont nombreux qui attestent la maîtrise technique obtenue.

Un autre aspect qui rapproche l'art de la science est à trouver dans l'effort systématique des artistes pour construire des appareils qui facilitent la reproduction de la réalité. Les grilles perspectives de Dürer et de Vinci sont à cet égard très représentatives.

Chez Vinci le double adage "connaître pour représenter, représenter pour connaître" illustre bien la double nature de l'entreprise. Il s'agit pour l'artiste de représenter, pour le naturaliste d'illustrer et de mieux saisir les structures. Jusqu'à l'ère de la photographie cette association des artistes avec les naturalistes perdurera.

Il y a par conséquent une **synergie significative entre artistes et savants**.

On a, en effet, pour des raisons évidentes, souvent associé l'essor de la peinture réaliste du



Fig.7 L'artiste est un naturaliste qui veut connaître et représenter la nature. Manuscrit de Leonard de Vinci avec impression réaliste des nervures d'une feuille de Saugé enduite de carbone dans le Codex Atlanticus. (d'après William A. Emboden, 1987, Op.cit.)

Quattrocento à la résurrection d'une science naturaliste dont l'origine antique n'avait jamais été complètement perdue. Les histoires des animaux d'Aristote et plus spécifiquement le traité de Dioscoride (1er siècle après JC) sur les plantes n'avaient jamais complètement disparu des bibliothèques. Mais leurs illustrations étaient soit perdues, soit de facture tardive. Qu'une conjonction positive se soit établie entre la peinture et la renaissance du naturalisme scientifique paraît donc aujourd'hui bien établi. Mais les rapports entre disciplines ne peuvent se limiter à ce seul croisement. En effet, les études de représentation perspective ont beaucoup gagné de l'expérience et des essais architecturaux de la première Renaissance. Entre la géométrie des représentations et les perspectives réellement construites sous les espèces des nefs des basiliques de Brunelleschi (1377-1446), il y a des relations nombreuses, dont la synergie a eu pour conséquence de rendre nécessaires de véritables expériences optiques³⁰. Qu'il s'agisse des célèbres expériences de Brunelleschi lui-même en 1415 ou de l'habitude de préparer des modèles réduits représentant les architectures projetées, on retrouve toujours le même souci du contrôle des projets dans la réalité. L'imaginaire rationnel s'enracine dans le réel concret. Un mouvement qui anticipe fortement sur les expériences démonstratives et discriminantes d'un Galilée ou d'un Harvey.

Analyser, connaître et recomposer: des artistes et des savants démiurges.

Ce réalisme des représentations servira donc de socle au versant empirique des sciences, celui qui génère les données elles-mêmes résultant de la simple observation ou de l'approche expérimentale active. Mais la même stratégie de l'exactitude aura des conséquences culturelles inattendues et cependant très représentatives. Je me bornerai à deux exemples de la période maniériste, qui précède immédiatement l'élaboration de la nouvelle science vers 1600.

D'abord l'oeuvre ambiguë d'un Arcimboldo (1527-1593)³¹, qui rassemble dans ses déroutants portraits composites divers niveaux réaliste, naturaliste, psychologique et culturel. On ne dira jamais assez combien cette oeuvre résume plusieurs perspectives majeures de la Renaissance dans ses personnages critiques: humanisme de l'homme-livre, homme-racines, fruits, poissons... sans jamais perdre la dimension unique de la personne psychique, historique et morale, pourtant formée d'une accumulation d'objets hétéroclites. Cet homme-là, comme enraciné dans le "naturel", constitue un cabinet des merveilles à lui tout seul. Ces derniers feux d'une crise de la connaissance à laquelle seront confrontés aussi bien Francis Bacon que Galilée sont hautement révélateurs des tensions de cette époque tourmentée.

Autre exemple: les grottes qui agrémentent les jardins du XVIe siècle et dont les grandes compositions baroques et classiques ne seront que l'amplification magnifique. Elles tiennent également de la collection naturaliste lorsqu'elles intègrent des morceaux de nature dans des compositions souvent inspirées de thèmes mythologiques empruntés à l'Antiquité ou à la Bible. Ces grottes³² ne sont pas que d'agrément. Au-delà du délasserment, de la fraîcheur des sources qu'on y fait naître, il faut y voir également une réflexion profonde sur la reconstruction de la nature et par conséquent sur ses deux modalités: celle de la *natura naturans*, qui crée les formes et celle de la *natura naturata*, qui résulte de cette création. C'est là un audacieux déplacement du problème du rapport entre la réalité naturelle et ses principes directeurs. Ce qui est reconstitué, ce ne sont pas seulement les formes de la nature, mais aussi ses fonctions, que représentent des automates à mi-chemin entre nature et culture. Comment ne pas admirer les prouesses techniques des ingénieurs allemands, italiens et français! La nouvelle science, avec ses lois qui dirigent les mouvements particuliers et guident les formes, n'est pas loin. Mais les raisons et les méthodes vont diverger. Ainsi la tentative impressionnante du Jésuite allemand Athanase Kircher (1601-1680) pour réconcilier les modèles et les méthodes de la nouvelle

science avec un aristotélisme exigeant n'aura-t-elle qu'une influence limitée et sans lendemain. La science des XVII^e et XVIII^e siècles se dirige essentiellement vers une purification et un affermissement méthodologique dont les références antiques sont plutôt Démocrite, Epicure (341-270) et Lucrèce.

A la fin du XVIII^{ème} siècle, et à titre d'exemple, l'expérimentalisme d'un Lazzaro Spallanzani (1729-1799) développe des stratégies tout aussi démiurgiques dans ses études sur la digestion et sur la fécondation artificielle. Son art expérimental procède par une destruction analytique des systèmes suivie d'une reconstitution synthétique de l'ensemble à partir des éléments connus séparés. La science n'est plus uniquement une connaissance mais s'approche de l'idée moderne d'opération créatrice dont le vocabulaire de la génétique du XX^{ème} siècle révèle la nature profondément démiurgique lorsqu'elle parle de "génie génétique", d'organismes construits" ou encore de "biomachines".



Le "Vertumne" d'Arcimboldo (1527-1593), un portrait de Rodolphe II de Habsbourg peint vers 1590 (Skoklosters Slott, Suède)

La percée de l'expérimentalisme

L'expérimentalisme conscient et réfléchi n'est certes pas né autour de 1600 avec la nouvelle science de Francis Bacon, Galileo Galilei, William Harvey et René Descartes, mais c'est pourtant entre eux et les *Principia* de Newton qu'il s'affermir et s'impose comme le mode majeur du retour validant à la nature. Pas de connaissance qui ne se trouve désormais fortifiée par l'expérimentation. Au point qu'on en retrouve les éléments aussi bien dans la "Querelle des musiques" chez Jean Jacques Rousseau en plein Siècle des Lumières³³, que dans la démonstration des propriétés des Hydres chez Abraham Trembley (1710-1784) en 1745³⁴, ou encore dans la réfutation de la génération spontanée chez Francesco Redi (1626-1698)³⁵ autour de 1665. L'expérience, après l'observation qui la précède, devient alors le critère même d'une connaissance vraie, dont la raison pourra tirer les modèles conformes à la réalité naturelle. Les exemples antiques et médiévaux de l'expérimentalisme ne sont pas négligeables, mais ils restent sporadiques et ne constituent que les éléments d'un système qui préfère discriminer le vrai du faux par d'autres fondements. Jamais différenciée de la simple observation avant le XVII^e siècle.

cle, l'expérience s'impose cependant dès la première Renaissance comme un outil essentiel de la civilisation. C'est à des expériences en bonne et due forme et impliquant des instruments finalisés dans une logique expérimentale que Brunelleschi confie la confirmation des règles de la perspective³⁶. Ses constructions, ou les dessins de Paolo Ucello, ont même souvent été considérés comme des démonstrations perspectives, tels les trois panneaux anonymes de ville idéale conservés à Urbino, Baltimore et Berlin. Enfin, l'usage de modèles réduits d'architectures en bois afin de tester les effets visuels, de se convaincre de leurs qualités et d'en convaincre les commanditaires est très fréquemment utilisé au XVe siècle³⁷. Ces quelques exemples frappants en représentent beaucoup d'autres.

Dans le domaine pictural enfin, nous avons déjà vu que les instrumentations de la représentation naturaliste réaliste se multiplient.

L'expérimentalisme opérationnel peut donc prendre des formes diverses, adaptées aux stratégies cognitives: strictement visuel et géométrique chez Brunelleschi, lorsqu'il fait correspondre les lignes de la réalité avec celles d'un dessin, géométrique et concret comme dans le plan incliné de Galilée, mathématique concret et visuel comme dans l'*Opticks* de Newton, mécanique comme chez Boyle etc. Il peut être précédé par des observations simples ou en série et reposer sur une expérience unique ou au contraire sur des séries coordonnées d'opérations concrètes. Mais c'est toujours le même principe fondamental d'un retour à la nature et la comparaison de données qualitatives ou quantitatives avec des modèles figurés, géométriques ou mathématiques.

4. Quelques exemples de savants fondateurs

Ce choix arbitraire aurait pu faire une place plus importante à d'autres fondateurs comme William Harvey dont le rôle souvent sous-estimé sera repris dans un prochain article.

L'oeuvre de Galilée est emblématique de la "nouvelle science", qu'elle contribue d'ailleurs à fonder sous les espèces de la dynamique³⁸. Profondément convaincu que les mathématiques sont la langue de la nature, **Galilée** va s'appliquer à comprendre les modalités du mouvement et particulièrement celles du mouvement uniformément accéléré. Dans ce but, il inscrit les composantes du mouvement sous forme de rapports géométriques. La mise en oeuvre de techniques pratiques confiées à des artisans lui permet de contrôler dans la réalité et grâce à des instruments scientifiques, comme par exemple son fameux plan incliné, l'existence des rapports calculés³⁹. Avec lui, le rapport entre raison scientifique et contrôle concret devient plus fréquent. C'est en partie pour montrer la possibilité physique du système héliocentrique proposé en 1543 par Nicolas Copernic que Galilée analyse le mouvement. Mais le fait d'être applicable à l'univers entier confère à la mécanique dynamique une dignité nouvelle qui l'égale aux connaissances les plus nobles. Assez curieusement, l'unité de l'univers est attestée par des observations naturalistes réalistes, mais très particulières. Observant les ombres des reliefs sur la surface de la lune, qu'il met en parallèle avec les ombres des montagnes terrestres, Galilée conclut à l'identité de nature entre la terre et son satellite naturel⁴⁰. Ces observations, ajoutées à celles des satellites de la planète Jupiter, des phases de Vénus et des taches solaires, lui permettent de réfuter la division entre le monde terrestre et celui plus divin des étoiles. La physique d'ici est bien la physique de partout. Ainsi le lien entre les débuts de la physique expérimentale et le naturalisme réaliste devient-il apparent.

La volonté de fonder une science théorique et pratique, utile à l'industrie humaine, est également affirmée dans cette oeuvre très innovatrice, en grande partie écrite en langue vulgaire et non en latin afin d'informer le plus grand nombre.

Avec **René Descartes**, les moyens de l'analyse géométrique et mathématique des phénomènes et de leur représentation dans l'espace défini par les coordonnées (abscisse et ordonnées)

s'affinent. Mais pour les sciences naturelles, Descartes est surtout le promoteur majeur d'un mécanisme biologique qui inspirera bien des interprétations au XVII^{ème} siècle.

Le XVII^{ème} siècle va corriger, affiner et établir définitivement ces tendances théoriques et empiriques, tout en leur donnant une caution philosophique dans le sensualisme anglais. Mais c'est avec l'oeuvre expérimentale et théorique d'Isaac Newton que la méthode scientifique s'établit définitivement. L'expression de la loi de la gravitation universelle dans ses *Principia* de 1686 et l'analyse de la nature de la lumière dans des expériences très astucieuses rapportées dans son *Opticks*, vont donner à Newton une aura qui facilitera la diffusion de ses "quatre règles qu'il faut suivre dans l'étude de la physique". D'une certaine manière, malgré de multiples inventions et en dépit de la diversification des disciplines, la façon de faire la science est alors établie et se perpétue jusqu'à aujourd'hui.

5. Conclusions

Que constatons-nous au terme de cette courte évocation de la naissance de la science moderne? Que la révolution scientifique n'est qu'une partie d'un ensemble plus vaste de ruptures et de remaniements, mais aussi de relectures des sources antiques et arabes. L'image qui ressort de l'examen des prémisses comme de l'affermissement des sciences naturelles est celle d'une nouvelle forme de connaissance scientifique et philosophique fondée sur des éléments préexistants. C'est la conjonction de plusieurs facteurs qui agissent en synergie qui modifie des disciplines aussi différentes que la peinture, l'architecture, la philologie etc. L'échange entre ces diverses activités, fut déterminant pour préparer les voies de la nouvelle science. Le jeu des correspondances entre disciplines scientifiques et artistiques est de ce point de vue révélateur.

La conjonction, autour de 1600, des techniques de description réaliste permettant la saisie des objets naturels dans l'espace et le temps, d'une technologie mécanique autorisant la manipulation expérimentale des phénomènes et d'une remise en question copernicienne des modèles de l'univers, le tout accompagné de changements des mentalités, des idéologies, des théories philosophiques de la connaissance et des institutions du savoir, mais aussi des programmes industriels de production, est un moment exceptionnel de l'histoire de l'humanité dont nous sommes aujourd'hui encore tributaires.

L'image qui ressort de l'examen des prémices comme de l'affermissement des sciences naturelles est par conséquent celle d'une nouvelle forme de connaissance scientifique et philosophique fondée sur des éléments préexistants, qui prennent cependant une signification nouvelle. Plus explicitement critique et fondée sur l'expérience.

Les sources de la scientificité sont donc multiples et passent par des disciplines qui, par la suite, lui seront étrangères. Il y a une véritable pluridisciplinarité explosive, à laquelle correspondra dès la fin du XVII^{ème} siècle une synergie interdisciplinaire très profitable.

Après le XVII^{ème} siècle on peut affirmer que "tout est dit". Des disciplines nouvelles, de nouveaux concepts et théories et des solutions nouvelles apparaissent, mais fondamentalement le modèle de la science reste quasiment inchangé. Certes, les méthodes s'affinent et s'affirment explicitement, les retours à la nature et les mesures se modifient, les données et les explications prolifèrent, mais les principes restent relativement constants.

Au XIX^e siècle, les disciplines se différencient, se séparent, s'isolent. Des institutions propres et des journaux spécifiques se créent tout en interagissant de plus en plus efficacement.

Après 1800, la généralité des théories est un acquis secondaire qui résulte de l'activité pluridisciplinaire. Les objets de la science se limitent, les disciplines se différencient. Mais apparaît alors un autre usage de l'interdisciplinarité, qui manifeste les synergies entre des champs échangeant leurs méthodes, technologies et concepts (une théorie comme celle de l'évolution résulte, par exemple, d'une telle synergie). Dès ce moment là, l'universalité n'est plus d'ordre générique culturel, mais est devenue celle des lois et des règles de méthode.

Discorso di apertura dell'esposizione AlpTransit San Gottardo

Renzo Ghiggia

Ing. civ. dipl. ETH, Alp Transit San Gottardo SA, Settore Sud, Via Portaccia 1a, 6500 Bellinzona

Gruss an die anwesenden Behördenvertreter:

Regierungsräte Martinelli und Buffi, Bürgermeister M. Chinotti, Jahrespräsident der Akademie der Naturwissenschaften Prof. Peduzzi.

AlpTransit Gotthard ist mit dem Privileg beehrt worden, als besonderer Gast der Akademie der Naturwissenschaften sich an diesem Ort darstellen zu dürfen. Die dazu passende Idee musste gefunden werden, und dann galt es, sie umzusetzen. Wir möchten all jenen herzlich danken, die dazu beigetragen haben, nämlich:

Herrn Prof. Peduzzi mit seinen Mitarbeiterinnen, der Kasernenleitung mit ihren militärischen Mitarbeitern, der Gemeinde Airolo und auch unseren eigenen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter.

Weshalb ist AlpTransit hier?

Ich sehe drei Gründe, das A von AlpTransit eng mit jenem von Akademie und von Airolo zu verbinden:

- Ein erster Grund liegt auf der Hand: Die Geographie.
Uns verbindet der Name Gotthard, der zugleich Lebensraum, Forschungsgegenstand, aber auch zu überwindendes Naturhindernis bedeutet.
Uns verbindet ein besonderer Name: "Piora"!
Die Piora, von hier aus nur zwei Schritte weit weg, ist ein Symbol dieser Gegend;
Die Piora, von der Terrainoberfläche bis tief hinunter im Festgestein wissenschaftlich so unglaublich faszinierend und spannend;
Die Piora, eine entscheidende Stelle für den Vortrieb des Gotthard-Basistunnels nach Norden!
Sie ist seit Beginn der Projektierung des Gotthard-Basistunnels so oft genannt worden, dass sie bis vor kurzem als Synonym für ein "ganz grosses geologisches Problem" empfunden wurde. Wie gerne unterstreiche ich heute, dass das "ganz grosse Problem" mittlerweile ganz gewaltig geschrumpft ist. Die Schreckensvision einer Barriere aus zuckerkörnigem, unter hohem Wasserdruck stehendem Dolomit hat sich zur Wunschvorstellung des Tunnelbauers gewandelt: standfestes, trockenes, abbaufreundliches Gestein.
- Der zweite Grund ist die Verbindung von Verkehrspolitik und Umweltschutz.
Die neue Alpentransversale entspricht klar ausformulierten übergeordneten Zielen der Verkehrspolitik und des Umweltschutzes.
Dennoch - die Realisierung eines solch grossen Infrastrukturbauwerkes wird zwangsläufig direkte Auswirkungen auf die Umwelt haben, die besonders sorgfältig untersucht und beurteilt werden müssen, um sie möglichst gering zu halten.
Dies sind wir auch dieser Region schuldig, die von der Realisierung betroffen ist und später die Auswirkungen des Betriebes spüren wird.
Es ist ganz offensichtlich, dass uns diese Themen besonders beschäftigen am Vorabend der Volksabstimmung über die LSVA. Dieser Volksentscheid wird nachhaltige Wirkung für den ganzen Alpenraum haben.

- Zum dritten Grund für die Verbindung der drei A erlaube ich mir kurz auszuholen:
Die moderne Gesellschaft verlangt von den Wissenschaftlern, sich den grossen interdisziplinären Fragestellungen im Spannungsfeld von Wissenschaft, Technik und Politik zu stellen und deren Komplexität anzuerkennen. Die Unmöglichkeit, taugliche Lösungsansätze für solche Fragestellungen in Einzeldisziplinen zu finden, muss akzeptiert werden.
Die Faszination grosser Projekte wie AlpTransit liegt ja gerade darin, dass sie sich nicht in klar definierten, artreinen Fachbereichen zuordnen lassen.
Wir haben es eben erst erlebt: Ein scheinbar rein wissenschaftliches Problem wie dasjenige der Geologie der Pioramulde entwickelt sich zunächst zur Knacknuss für die angewandte Bautechnik, strahlt dann auf die nationale, sogar auf die gesamteuropäischen Transportpolitik aus, schwingt sich zum Politikum schlechthin auf, ist Gegenstand ökonomischer Abwägungen grosser Tragweite und wird mit in den Strudel der Medien und Kontroversen hineingezogen.
Ich weiss, ich habe soeben ein weitläufiges, grundsätzliches Thema angeschnitten, und sollte doch von unserer Ausstellung sprechen. Ich wünschte mir, dass dieses grundsätzliche Thema von Ihnen allen in diesen Tagen aufgenommen würde.
Nun lade ich Sie alle in unsere Ausstellung ein, welche die drei von mir angesprochenen Gründe thematisch aufgreift.
Sie bringt uns:
 - das Projekt näher
 - lässt uns die Faszination der Geologie spüren
 - und zeigt Umweltschutz mit seinen konkreten Implikationen im alpinen Gebiet.Ich wünsche der Akademie drei ergiebige Tage und allen Interessierten einen kurzweiligen Besuch unserer Ausstellung.



Conferenza

AlpTransit Gotthard Aero- und Thermodynamik des Gotthard-Basistunnel

Oliver Bratschi

Dr., Leiter Bahntechnik, Alp Transit Gotthard AG, Mittelstrasse 43, 3030 Bern

Zusammenfassung

Bei den geplanten AlpTransit Basistunnels werden in verschiedener Hinsicht teilweise ganz besondere Anforderungen aus dem Bereich Aero- und Thermodynamik gestellt. Die Höchstgeschwindigkeit von bis zu 250 km/h, die hohe Überdeckung und die grosse Tunnellänge beeinflussen die Aero- und Thermodynamik nachhaltig. Zwei Aspekte werden im folgenden näher beschrieben.

Im Normalbetrieb wird der Basistunnel durch die fahrenden Züge mit Frischluft versorgt (Kolbenpumpeneffekt). Die erwarteten Temperaturen sind im Vergleich zu bestehenden Tunneln hoch, liegen aber gerade noch innerhalb akzeptable Grenzen. Für den Fall, dass die Temperaturen die Voraussagen übertreffen, sind Rückfallebenen vorgesehen, d.h. Massnahmen mit denen die Temperaturen im Bedarfsfall gesenkt werden können.

Im Bereich Sicherheit werden wegen der grossen Tunnellänge hohe Anforderungen an die ereignisverhindernden Massnahmen gestellt. Zusätzlich müssen auch ausmassmindernde Massnahmen - besonders im Fall Zugbrand - bereitgestellt werden. Der Gotthard-Basistunnel ist mit zwei Nothaltestellen ausgerüstet, die den Tunnel in drei in etwa gleichlange Abschnitte aufteilen. Es kann gezeigt werden, dass im Ereignisfall die meisten Züge diese Nothaltestellen erreichen, d.h. dass innerhalb von 1000 Jahren nur ca. 1x ein brennender Personen Zug an beliebiger Stelle zum stehen kommt. Sie bieten gegenüber der restlichen Tunnelröhre wesentlich bessere Bedingungen für die Selbst- und Fremddrettung (geschützte Räume, Frischluftzufuhr etc.). Im extrem seltenen Fall, dass der in Brand geratene Reisezug die Nothaltestelle nicht mer zu erreichen vermag, stehen den Betroffenen entlang der Tunnelröhre Querschläge in die gegenüberliegende Bahnrohre als Fluchtweg zur Verfügung. Damit kann auch im (sehr selten auftretenden) Ereignisfall das für die Bahnen typische, hohe Sicherheitsniveau gewährleistet werden.

1. Einleitung

Die Schweizer Eisenbahngesellschaften verfügen im Betrieb und Unterhalt von Tunneln über eine mehr als hundertjährige Erfahrung mit den bestehenden Alpentunneln wie Gotthard, Simplon, Lötschberg oder dem neueren Furkatunnel. Damit wissen die Bahnen um die Wichtigkeit des Tunnelklimas für einen wirtschaftlichen und sicheren Betrieb. Auf Grund dieser Erkenntnis wurde schon in einer frühen Phase der Projektierung für die beiden Basistunnel am Gotthard und am Lötschberg der Frage des Tunnelklimas entsprechendes Gewicht beigemessen.

Bei den geplanten AlpTransit Basistunnels werden in verschiedener Hinsicht teilweise ganz besondere Anforderungen gestellt.

- Aerodynamik: Mit den beiden Basistunneln wird für die Schweiz ein neues Zeitalter eingeleitet. In den Tunneln werden Höchstgeschwindigkeiten von bis zu 250 km/h angestrebt.
- Tunnelklima: Die geplanten Basistunnel werden gegenüber den bestehenden Bauwerken noch einmal deutlich verlängert, mit einer grösseren Überdeckung. Beide Parameter beeinflussen das zu erwartende Tunnelklima nachhaltig.
- Sicherheit: Durch die Tunnellänge von deutlich über 20 km ergeben sich bezüglich der Sicherheit z. T. neue Aspekte und Fragestellungen.

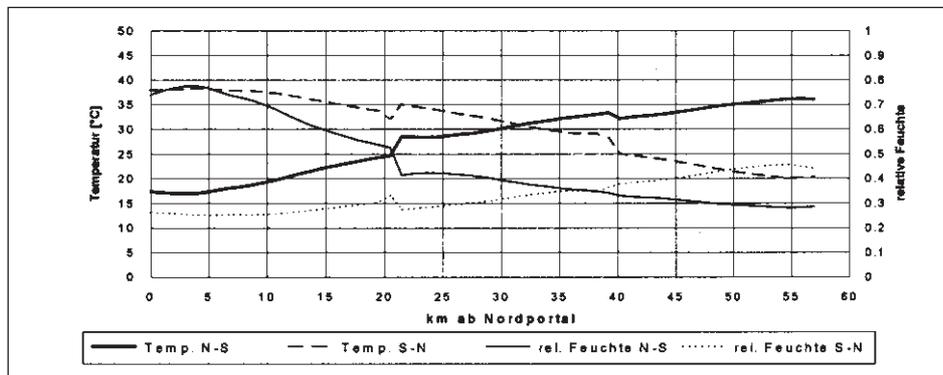
Aus den genannten Gründen wurde die Arbeitsgruppe Aerodynamik und Klima von der AlpTransit Gotthard AG und der BLS AlpTransit AG damit beauftragt, diese neue Situation genauer zu analysieren und frühzeitig auf allfällig auftretende Probleme hinzuweisen bzw. entsprechende Lösungsvorschläge zu erarbeiten. Hauptaufgabe der Arbeitsgruppe ist die Sicherstellung ausreichender Grundlagen für eine zuverlässige Beurteilung des künftigen Tunnelklimas, sowie die Untersuchung aerodynamischer Fragestellungen. Daneben werden auch Fragen im Zusammenhang mit den Strömungsverhältnissen im Ereignisfall bearbeitet.

Im Rahmen dieses Beitrages soll auf zwei Aspekte näher eingegangen werden:

- Die Frage, was für ein Tunnelklima in der Betriebsphase zu erwarten ist, ist für die Projektierung, den Bau und besonders für einen störungsfreien Betrieb von entscheidender Bedeutung.
- Der Nachweis, dass für Passagiere, Personal und Umwelt ein ausreichendes Sicherheitsniveau bezüglich Aerodynamik und Klima garantiert werden kann, ist für die Erteilung von (Betriebs-) Bewilligungen zwingend notwendig. Nicht Gegenstand sind die weitergehenden Überlegungen zur Gesamtsicherheit, da dies die zur Verfügung stehende Zeit sprengen würde.

2. Das Tunnelklima

Im Normalbetrieb wird der Basistunnel durch die fahrenden Züge mit Frischluft versorgt. Die Einspurröhren und die den Querschnitt mehr oder weniger versperrenden Züge wirken wie eine Kolbenpumpe. Dadurch kann gewährleistet werden, dass das Tunnelinnere von den Portalen her mit genügend Frischluft versorgt wird, so dass für die Reisenden in den Zügen sowie für das Zugpersonals nie eine Gefährdung (Frischluftmangel) entstehen kann. Ein Grossteil der von den Zügen umgesetzten Leistung resultiert als Luftbewegung und führt zum erwünschten Effekt der Lufterneuerung. Die Züge wirken also bereits als aktive Längslüftung mit mehreren MW Leistung. Die Notwendigkeit einer zusätzlichen Zuführung von Frischluft im Normalbetrieb ist dadurch nicht gegeben.



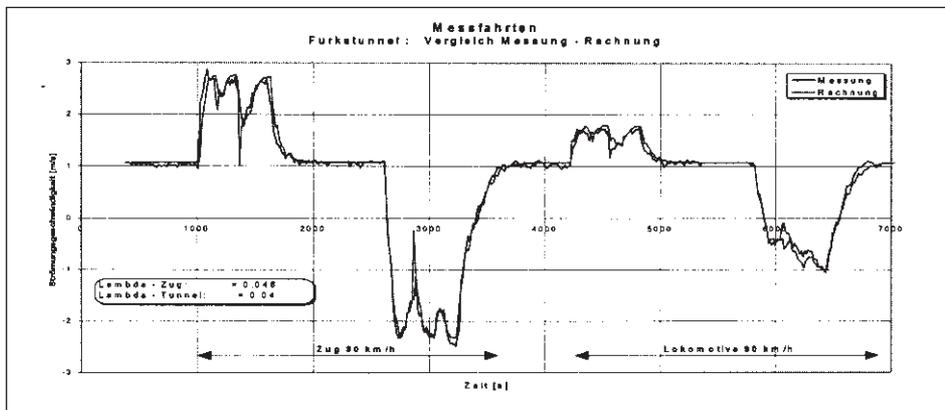
Figur 1: Temperaturen und Luftfeuchtigkeit im Gotthard-Basistunnel (Sommer, Spurwechsel offen)

Der Unterhaltsfall stellt vom Prinzip her den geplanten Stillstand von Zügen über längere Zeit in einem definierten Sektor des Tunnels dar. Wie im Störfall ist mit örtlichen Temperaturerhöhungen zu rechnen. Zur Einhaltung der gesetzlich gegebenen Arbeitsbedingungen ist vorgesehen, allfällig notwendige Kühlungs- und Lüftungssysteme nicht in die feste Infrastruktur des Tunnels einzubauen, sondern diese als mobile Einrichtungen mit den Unterhaltszügen in den gesperrten Abschnitt zu bringen.

Die erwarteten Temperaturen sind im Vergleich zu bestehenden Tunneln hoch, liegen aber gerade noch innerhalb von akzeptablen Grenzen, vgl. Figur 1. Die Voraussagen sind allerdings mit einer relativ grossen Unsicherheit behaftet, als Konsequenz davon sind sogenannte Rückfallebenen vorgesehen. Darunter werden Massnahmen verstanden, die im Bedarfsfall die Temperaturen im Tunnel zu senken vermögen.

- Lufttaucher: durch Absaugen feuchtwarmer Tunnelluft und gleichzeitigem Einblasen von frischer Aussenluft, wird die Temperatur im Tunnel gesenkt.
- Trockenkühlung: durch Verlegen von Kühlrohren im Tunnel wird Wärme aus dem Tunnel abgeführt.
- Bahnbetrieb: durch Umkehrung der Fahrtrichtung des Bahnverkehrs ergibt sich eine Umkehrung der Strömungsrichtung der Luft im Tunnel und somit eine kurzfristige Abkühlung einzelner Regionen.

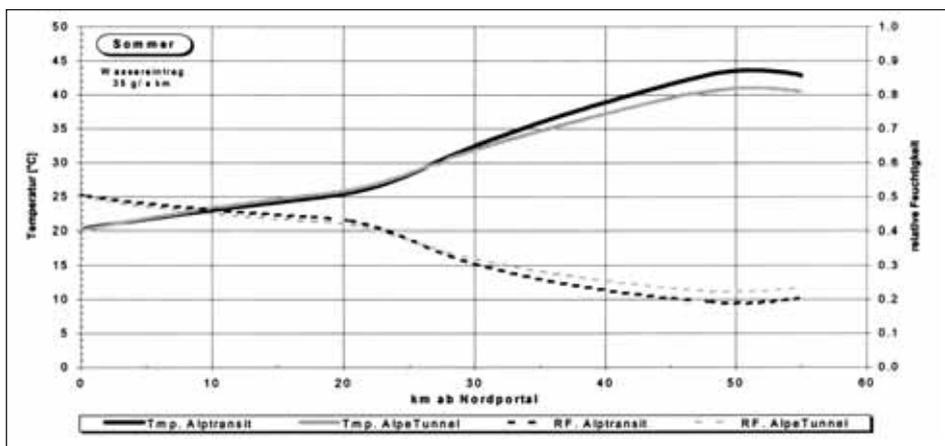
Um die Qualität und Zuverlässigkeit der Temperatursimulationen zu überprüfen und falls notwendig zu erhöhen, wurden eine ganze Reihe von Vergleichsrechnungen durchgeführt. In einem ersten Schritt wurde die verwendeten Aerodynamikprogramme, die auf einem inkompressiblen Modell basieren, mit dem Programm von Herrn Prof. Vardy (Universität Dundee GB) verglichen. Der Vergleich zeigt eine sehr gute Übereinstimmung. In einem zweiten Schritt wurde eine Messfahrt im Furkatunnel mit dem Programm von Herrn Prof. Vardy gerechnet und die Luftgeschwindigkeiten mit den gemessenen Werten im Furkatunnel verglichen. Die Eingabeparameter für das Programm basieren auf den Messungen im Furkatunnel. Figur 2 zeigt die gemessenen und die berechneten Luftgeschwindigkeiten bei der Hin- und Rückfahrt eines Zug und einer einzelnen Lokomotive.



Figur 2: Vergleich der gerechneten mit den gemessenen Luftgeschwindigkeiten bei Messfahrten im Furkatunnel

In einem zweiten Schritt wurden die verschiedenen Thermodynamikprogramme miteinander verglichen. Zur Verfügung standen ein Programm, das von der Projektleitung Alpetunnel (Basistunnel zwischen Lyon - Turin) verwendet worden ist, das Programm von der Firma Electrowatt Engineering Zürich (EWE) und jenes der Haerter AG in Bern (HBI).

Untenstehende Abbildung zeigt den Vergleich des HBI-Programmes mit jenem von Alpetunnel.



Figur 3: Vergleich der Temperatur und Luftfeuchtigkeit in einem Modelltunnel. Verglichen wurden die Programme von AlpeTunnel und der HBI in Bern.

3. Sicherheit

Es hat sich gezeigt, dass für die Sicherheit des Gotthard-Basistunnels nicht eine einzelne Massnahme sondern vielmehr ein ausgewogenes Zusammenspiel baulicher, technischer, Lüftungstechnischer, betrieblicher und rettungstechnischer Massnahmen entscheidend ist.

Die ereignisverhindernden Massnahmen bilden den eigentlichen Schwerpunkt in der Bahnsicherheit. Dadurch kann die Eintretenswahrscheinlichkeit eines Ereignisses oft so stark vermindert werden, dass zusätzliche ausmassmindernde Massnahmen nicht mehr gerechtfertigt sind.

Kann trotz ereignisverhindernder Massnahmen die Auftretenshäufigkeit des Ereignisses nur ungenügend gesenkt werden, ist eine Reduktion des Schadenausmasses durch ausmassmindernde Massnahmen zu erreichen.

Der vorliegende Beitrag behandelt ausschliesslich die - in obigen Sinne nicht prioritären - ausmassmindernde Massnahmen aus dem Bereich Aerodynamik und Klima.

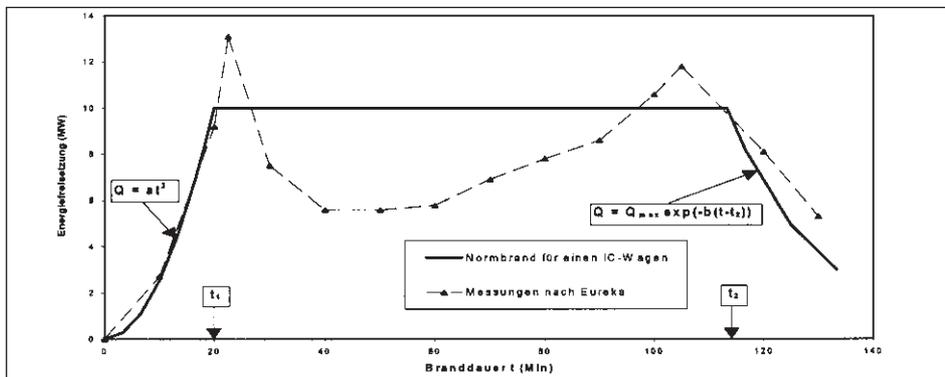
In einem Ereignisfall werden infolge der fahrzeugseitigen Notbremsüberbrückung die meisten Reisezüge entweder das Portal oder eine der beiden Nothaltestellen im Basistunnel erreichen. Die Nothaltestellen verfügen über geschützte Räume, in welchen Passagiere über mehrere Stunden überleben können. Die Wahrscheinlichkeit eines sofortigen Stillstandes als Folge eines Ereignisses ist sehr klein. Abschätzungen ergeben, dass innerhalb von 1000 Jahren nur ca. 1x ein brennender Personen Zug an beliebiger Stelle zum stehen kommt.

Sollte ein Reisezug die Nothaltestelle einmal nicht erreichen können, so muss eine Evakuierung vor Ort über die Querschläge erfolgen. Dabei gilt es zu beachten, dass die Auftretenswahrscheinlichkeit sehr gering ist. Innerhalb von 1000 Jahren kommt nur 1x ein brennender Zug an beliebiger Stelle zum stehen. In den meisten Fälle wird die Nothaltestelle oder das Portal erreicht.

3.1 Normbrand

Um das Bauwerk dimensionieren sowie das Risiko ermitteln zu können, müssen die Eigenschaften der zu berücksichtigenden Ereignisfälle definiert sein. Einer der wichtigsten zu definierenden Parameter stellt die Brandleistung eines Zuges dar.

Für die weiteren Arbeiten im Bereich Aerodynamik und Klima wird ein Normbrand für Reisezüge festgelegt. Dieser beruht auf den Erkenntnissen des Forschungsprojektes "EUREKA 499". Der Brandversuch eines deutschen IC-Wagens wird zugrunde gelegt (Figur 4).

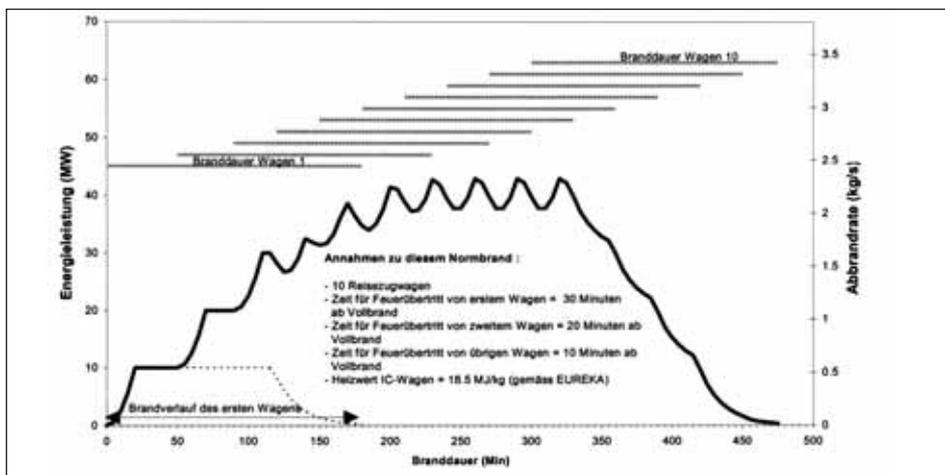


Figur 4: Zeitliche Entwicklung des Brandes eines Reisezugwagens (Normbrand)

Es muss davon ausgegangen werden, dass das Feuer sich auf zusätzliche Wagen verbreiten kann. Die modernen Eisenbahnwagen sind so konzipiert, dass der Brandübertritt von einem Wagen zum nächsten möglichst verzögert ist. Als realistische Grundlage für die Definition eines Normbrandes für ganze Züge wurden die folgenden Parameter festgelegt:

- der Zug besteht aus zehn identischen Wagen
- die Zeit für den Feuerübertritt vom ersten zum zweiten Wagen beträgt 30 Minuten ab Vollbrand
- die Zeit für den Feuerübertritt zum dritten Wagen beträgt 20 Minuten ab Vollbrand
- die Zeit für den Feuerübertritt zu jedem zusätzlichen Wagen beträgt 10 Minuten ab Vollbrand

Der Brandverlauf für den ganzen Zug - mit der Annahme, dass das Feuer nicht gelöscht oder gebremst wird - ist auf der Abbildung 4 dargestellt.

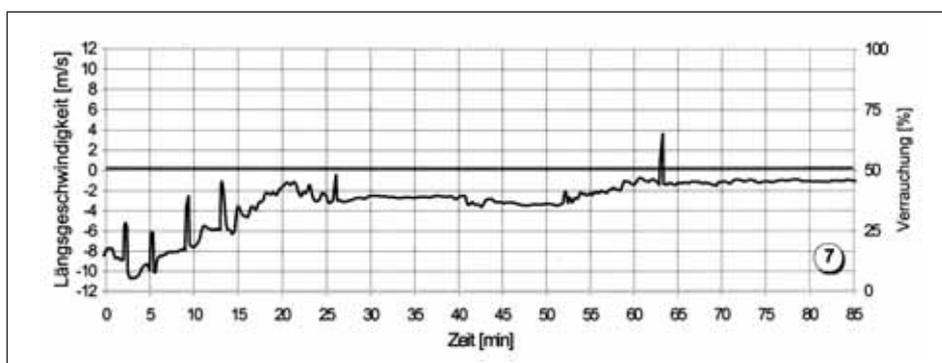


Figur 5: Zeitliche Entwicklung des Brandes eines ganzen Zuges (Normbrand)

Bemerkenswert ist, dass die maximale Brandleistung die Grössenordnung von 40MW nicht übersteigt, unabhängig von der Anzahl Wagen im Zug.

3.2 Nothaltestellen

In einem Ereignisfall werden infolge der fahrzeugseitigen Notbremsüberbrückung die meisten Reisezüge entweder das Portal oder eine der beiden Nothaltestellen im Basistunnel erreichen.



Figur 6: Strömung in der dem Ereignisfall gegenüberliegenden Nothaltestelle (20 MW Brand, Zu- und Abluft, Spurwechsel offen)

Im Abstand von rund 20 km sind Nothaltestellen angeordnet, d.h. es entspricht in etwa drei durch Nothaltestellen miteinander verbundenen Simplontunnelsystemen. Diese enthalten neben technischen Anlagen und einem Tunnelwechsel auch auf Reisezuglänge ausgelegte Nothaltestellen für beide Fahrrichtungen. Nothaltestellen bieten gegenüber der restlichen Tunnelröhre wesentlich bessere Bedingungen für die Selbst- und Fremddrettung.

Speziell im Hinblick auf den Ereignisfall mit einer notwendigen Evakuierung stehen in jeder Nothaltestelle geschützte Räume bereit, in welchen Passagiere über mehrere Stunden überleben können. Diese Räume werden von aussen über die Schächte Sedrun bzw. Faido mit Frischluft versorgt. Die Dimensionierung dieser Zuluftventilatoren bzw. der entsprechenden Schachtdurchmesser gewährleistet, dass im Ereignisfall ein dauernder Überdruck gegenüber den Tunnelröhren aufrecht erhalten werden kann und damit der Raucheintritt minimiert wird. Ebenfalls in der baulichen Umhüllenden enthalten ist die Möglichkeit einer Abluftventilation. Die Abluft wirkt wie die Zuluft nur punktuell in den Nothaltestellen Faido und Sedrun und wird über die entsprechenden Schächte ins Freie geführt.

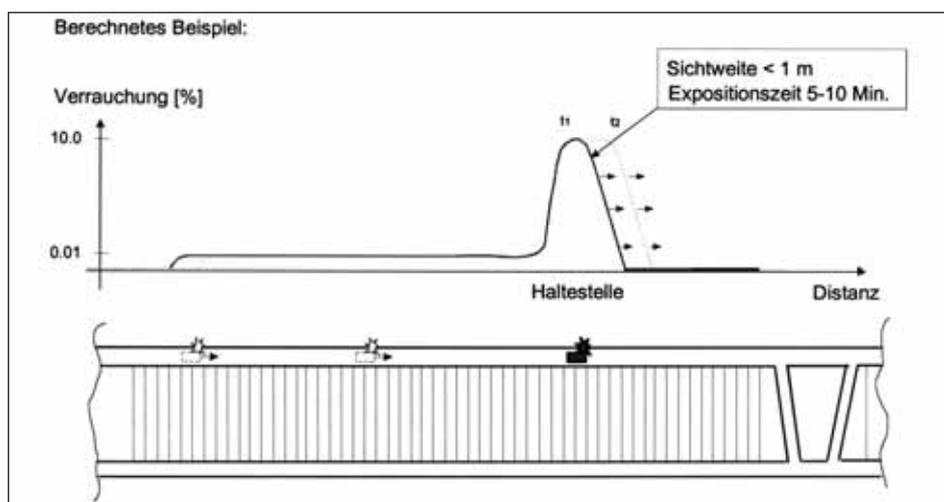
3.3 Querschläge

In einem Ereignisfall, bei dem ein in Brand geratener Reisezug das Ausfahrtsportal oder eine Nothaltestelle nicht mehr zu erreichen vermag und im Tunnel stehen bleibt (Häufigkeit: in 1000 Jahren ca. 1x), stehen den Betroffenen entlang der Tunnelröhre Querschläge in die gegenüberliegende Bahnröhre als Fluchtweg zur Verfügung. Von da können sie mit Hilfe eines geeigneten Zuges oder eines extern bereitgestellten Evakuierungszuges aus dem Tunnel geführt werden.

Die Aerodynamik im Tunnelsystem wird wesentlich durch die betrieblichen Abläufe im Tunnel (ausfahrende Züge, Einfahrt von Evakuierungszügen) beeinflusst.

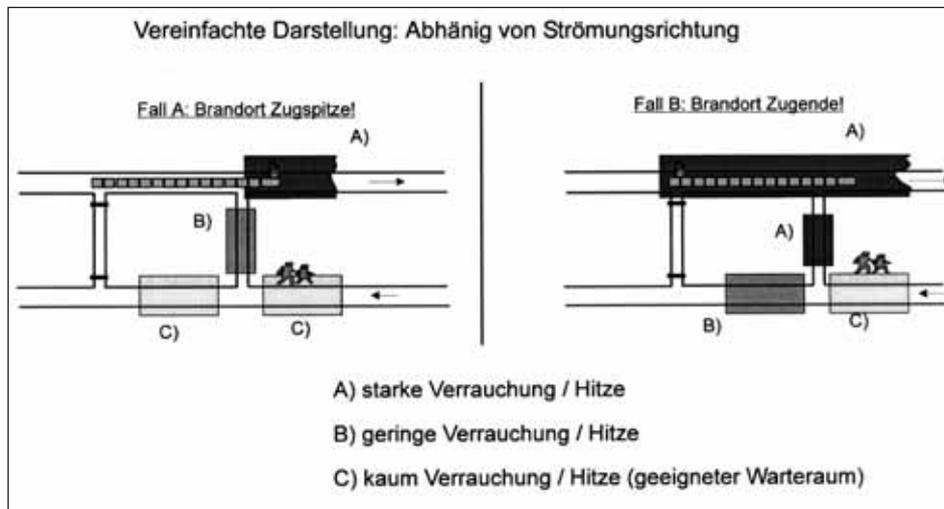
Basierend auf einer Reihe von Annahmen wie Betriebszenarien, Brandgrösse, Abläufe bei der Alarmierung und der Evakuierung, wurden mit Hilfe von aerodynamischen Berechnungen im Ereignisfall, das Längsströmungsverhalten, die Verrauchung und die Rauchausbreitung im Tunnelsystem untersucht:

- In allen untersuchten Rechenfällen ist für die Einschränkung der Aufenthaltszeit in der verrauchten Tunnelluft das Kohlenmonoxid bestimmend.
- Vereinfacht können für den Ereignisfall drei Tunnelbereiche mit unterschiedlichem Verrauchungsgrad unterschieden werden.
 - Unfallröhre hinter dem Ereigniszug: Hinter dem brennenden Ereigniszug hat sich eine Rauchschleppe gebildet. Die Rauchkonzentration in der Schleppe bleibt während der ganzen Zeit nahezu konstant. Durch die Verrauchung wird in der Schleppe die Sicht auf ca. 50 m eingeschränkt. die Aufenthaltszeit der sich in der Schleppe aufhaltenden Personen wird durch Kohlenmonoxid nicht eingeschränkt (vgl. Figur 7).



Figur 7: Rauchentwicklung bei Fahrt und Halt (Bsp. GBT)

- Nahbereich des Ereigniszuges: Nachdem der brennende Ereigniszug anhält nimmt die Verrauchung entlang des Ereigniszuges augenblicklich zu. Innerhalb der sich von der Unfallstelle her ausbreitenden verrauchten Tunnelluft wird die Sicht auf weniger als 1m und die Aufenthaltszeit durch Kohlenmonoxid auf 5-10 Minuten eingeschränkt.
- Gegenröhre: Der von der Unfallröhre, über offene Querschläge, Spurwechsel und Leckagen in den Querschlagtüren, in die Gegenröhre übertretende Rauch wird in der Gegenröhre durch die vorhandenen Längsströmungen verdünnt und in Fahrtrichtung weitertransportiert (vgl. Figur 8).



Figur 8: Verrauchung bei Halt beliebige Stelle

Durch die beim Brandereignis freigesetzten Rauchgase können die im Tunnel sich aufhaltenden Personen bzw. Züge gefährdet werden. Das Ausmass der Gefährdung hängt massgeblich vom zugrunde gelegten Brandereignis und den Zugbewegungen ab. Eine allgemeine Beurteilung ist deshalb schwierig, es lassen sich nur Tendenzen aufzeigen.

4. Fazit

Entscheidend für einen zuverlässiger Betrieb des Basistunnels und damit letztlich auch ein grosser Beitrag an die Sicherheit des Gesamtsystems ist eine möglichst frühzeitige und genaue Bestimmung des Tunnelklimas.

Dazu sind komplexe Computerprogramme entwickelt worden, die es erlauben, die zeitliche Entwicklung des Tunnelklimas in Abhängigkeit der verschiedenen Einflussgrössen zu simulieren. Um die Qualität und Zuverlässigkeit der Rechnungsprogramme zu überprüfen und falls notwendig zu erhöhen, wurden eine ganze Reihe von Vergleichsrechnungen und Kontrollmessungen durchgeführt.

Die Arbeiten im Sicherheitsbereich zeigen auf, dass das gewählte System mit zwei Einspurtunneln und belüfteten Nothaltestellen, im Rahmen der baulichen Umhüllenden eine ausreichende Flexibilität aufweist, um auch im selten auftretenden Ereignisfall das für die Bahnen typische, hohe Sicherheitsniveau zu gewährleisten.

Ausschlaggebend ist, dass schon die Ereignisse selber durch ereignisverhindernde Massnahmen möglichst vermieden werden. Der entscheidende Punkt ist eine möglichst hohe Verfügbarkeit des Gesamtsystems, die durch eine konsequente Minimierung aller (störungsanfälliger) Anlagenteile erreicht werden kann.

Conferenza

Alpenforschung und Transversalen Umweltmanagement auf alpinen Baustellen

Walter Schneebeli

Dipl., Bauingenieur ETH, Alp Transit Gotthard AG, Zentralstrasse 5, 6003 Luzern

1. Einleitung

Das Bauvorhaben der Neuen Eisenbahn-Alpentransversalen (NEAT) mit dem Ausbau der Gotthard- und der Lötschbergachse hat neben einer Reisezeitverkürzung eine klare ökologische Zielsetzung: In der Betriebsphase soll der Güterverkehr auf die Schiene umgelagert werden, aber auch während der Bauphase muss der Umweltschutz einen hohen Stellenwert einnehmen. Die AlpTransit Gotthard AG hat sich daher schon sehr früh mit der Thematik des Umweltmanagements auf den Baustellen bzw. mit der Umweltbaubegleitung auseinandergesetzt. Als Leiter des Bereiches Planung und Bau stehen für mich nicht nur die alpinen Baustellen, sondern das Management der Umweltaspekte auf der ganzen Achse Gotthard im Zentrum der Überlegungen.

2. Projektbeschreibung AlpTransit Gotthard

Bevor ich im Detail auf die Umweltbaubegleitung und unsere Erfahrungen eingehe, möchte ich Ihnen kurz das aktuelle Projekt vorstellen.

Gemäss Alpentransit-Beschluss vom 4. Oktober 1991 umfasst das Projekt eine Bahn-Neubau-strecke zwischen Arth-Goldau und Lugano mit den Basistunneln am Gotthard und am Ceneri. Der ausserhalb des eigentlichen Perimeters liegende ca. 22 km lange Zimmerbergtunnel sorgt für eine bessere Anbindung der Ostschweiz an die Gotthardachse. Das Kernstück des Projektes stellt der 57 km lange Gotthard-Basistunnel von Erstfeld nach Bodio mit einer maximalen Steigung von 7‰ Promille dar. Zusammen mit dem ca. 16 km langen Ceneri-Basistunnel wird damit erstmals eine Flachbahn durch die Alpen realisiert, die Höchstgeschwindigkeiten von 200 - 230 km/h ermöglicht. Dies verkürzt die Reisezeiten (z.B. Zürich - Bellinzona: minus 1 1/4 Stunden) und die Schweiz wird ins europäische Eisenbahn-Hochleistungsnetz eingebunden.

Im Juni 1996 hat der Bundesrat entschieden, in einer ersten Etappe nur die drei Basistunnel Zimmerberg, Gotthard und Ceneri zu realisieren und den Gesamtausbau in eine spätere Etappe zu verschieben. Aufgrund der finanziellen Situation des Bundes muss damit gerechnet werden, dass der Start für die Realisierung der drei Tunnelbauvorhaben nicht gleichzeitig erfolgen kann. In einer ersten Phase soll mit dem Bau der beiden Basistunnel am Gotthard und am Lötschberg begonnen werden.

Der Gotthard-Basistunnel wird von den Portalen und von verschiedenen Zwischenangriffen aus vorgetrieben. Von Norden nach Süden gesehen, geschieht dies bei Amsteg, Sedrun und Faido. Die Zwischenangriffe ermöglichen eine Verkürzung der Bauzeit und dienen in der Betriebsphase auch als Zugangs- und Rettungsstellen. Die Gesamt-Bauzeit für den Gotthard-

Basistunnel wird auf 10 bis 12 Jahre geschätzt. Für den Zimmerberg-Basistunnel Teil 2, als Fortsetzung des Bahn 2000 Bauvorhabens Zürich HB - Thalwil wird mit einer Bauzeit von 7 bis 8 Jahren gerechnet, für den Ceneri-Basistunnel mit ca. 12 Jahren. Diese Projekte liegen der Abstimmung von Ende November 1998 über die Finanzierung der Bauvorhaben des Öffentlichen Verkehrs (FinöV) zugrunde.

3. Ziele und Elemente des Umweltmanagements

Es war der AlpTransit Gotthard AG immer klar, dass Umweltfragen bei diesem Grossprojekt einen grossen Stellenwert einnehmen. Aus diesem Grund wurden die Umweltaspekte in allen Planungsphasen stufengerecht berücksichtigt, um den vorhandenen Handlungsspielraum voll ausschöpfen zu können.

Das Umweltmanagement kann grundsätzlich in die Hauptblöcke Umweltbegleitplanung und Umweltbaubegleitung unterteilt werden. Dazu gehören die nachfolgend beschriebenen Haupt-elemente (Variantenwahl, UVP-Verfahren, Landschaftspflegerische Begleitplanung und Gestaltung, Ausschreibung, Bauphase und Bauabschluss).

Mit dem Umweltmanagement verfolgt die AlpTransit Gotthard AG folgende Zielsetzungen:

Ziele des Umweltmanagements (Umweltbegleitplanung und Umweltbaubegleitung)

- projektbestimmende Umweltfragen so früh wie möglich in der Planung berücksichtigen
- umweltbedingte "no goes" rechtzeitig erkennen
- Umweltschutzvorschriften einhalten
- gutes Kosten-Wirksamkeitsverhältnis der projektintegrierten Umweltschutzmassnahmen sicherstellen
- Vorgehen mit der SBB-Umweltpolitik koordinieren
- Verzögerungen in den Bewilligungsverfahren vermeiden
- staatliche Stellen mit einbeziehen und entlasten
- Einbezug der Umweltschutzorganisationen und der Öffentlichkeit

3.1 Umweltbegleitplanung

Die Umweltbegleitplanung erfolgte hauptsächlich während der Variantenwahl, im Rahmen der verschiedenen Projektphasen und der entsprechenden UVP-Verfahren sowie im Zusammenhang mit den Arbeiten der Beratungsgruppe für Gestaltung (BGG).

Variantenwahl

Dadurch, dass der Bundesrat in seiner Botschaft über den Bau der schweizerischen Alpentransversalen vom 23. Mai 1990 auf die Netzvariante (Gotthard- und Lötschbergachse) setzte, schied er die Planungsfälle mit den grössten Umweltauswirkungen von der weiteren Projektierung aus.

In den Jahren 1991/1992 wurden die auf der Botschaft des Bundesrates basierenden Linienführungsvarianten schrittweise optimiert. Ein zweistufiger Variantenvergleich sah vor, in einer ersten Phase den Fächer möglicher Linienführungen innerhalb des von der Botschaft vorgesehenen Korridors weit zu öffnen. Im sogenannten Grobvariantenvergleich konnte dann basierend auf der Methodik einer Vergleichswert-Analyse eine Bestvariante ermittelt werden. Dabei kristallisierten sich bereits die bis heute weiterprojektierten Linienführungen heraus. Die Kriterien Umwelt sowie Raum und Siedlung haben diesen Entscheid stark geprägt.

Im zweiten Schritt, dem Feinvariantenvergleich, konnten die Grundlagen für die Vorprojekterarbeitung gelegt werden. Gemäss NEAT-Verfahrensverordnung vom 20. Januar 1993 können maximal 2 Vorprojekte vorgelegt werden. Aus dem Feinvariantenvergleich gingen daher die von den SBB favorisierte Basis-Variante und die von den Kantonen gewünschte Alternativ-Variante hervor. Die betroffenen Kantone waren in allen diese Planungsphasen involviert. Da ihre zum Teil über die gesetzlichen Anforderungen hinausgehenden Anliegen im Umweltbereich an den Kostenvorgaben des Bundes scheiterten, wurden diese in die Alternativ-Varianten aufgenommen.

Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP)

Das für AlpTransit gültige UVP-Verfahren ist dreistufig. Der Umweltverträglichkeitsbericht (UVB) Stufe 1 behandelte das Gesamtprojekt gemäss Botschaft des Bundesrats. Die UVB Stufe 2 wurden zusammen mit den Vorprojekten erarbeitet, die UVB Stufe 3 werden gemeinsam mit den Auflageprojekten vorgelegt. Verantwortlich für die Erstellung der UVB sind die Abschnittsleitungen der AlpTransit Gotthard AG und die beauftragten Projektingenieure. Die Projektleitung der AlpTransit Gotthard AG steuert im Umweltbereich, unterstützt durch die Koordinationsstelle Umwelt, durch abschnittsübergreifende Vorgaben und laufende Qualitätssicherung.

Beratungsgruppe für Gestaltung (BGG)

Die Beratungsgruppe für Gestaltung (BGG) der AlpTransit Gotthard AG hat die Aufgabe darauf hinzuwirken, dass über die ganze Achse Gotthard und unter den gegebenen Finanz- und Terminrahmen ein kohärentes Projekt von hoher ästhetischer Qualität geplant und realisiert wird. Die BGG wird geleitet vom Chef der Abteilung Hochbau der SBB AG, Uli Huber. Mitglieder sind die Architekten Prof. Flora Ruchat, Pierre Feddersen und Rainer Klostermann sowie von Ingenieurseite der bekannte Brückenbauer Prof. Dr. Christian Menn und Vertreter der AlpTransit

Gotthard AG. Die BGG erarbeitet in enger Zusammenarbeit mit den Projekt-Ingenieuren Lösungsvorschläge, welche bei allen Bauteilen zu einer einheitlichen Sprache mit wiedererkennbaren Elementen führen. Anpassungen an die lokalen Gegebenheiten sind jederzeit möglich. Als Beispiel sei die Gestaltung der Tunnelportale des Gotthard-Basistunnel erwähnt mit dem Element der Sichel, die von den Tunnelröhren durchstossen wird.

3.2 Umweltbaubegleitung (Umweltmanagement auf Baustellen)

Mit der Fertigstellung der UVB Stufe 3 in der Projektphase Auflageprojekt ist die Umweltplanung nicht abgeschlossen. Im Rahmen der weiteren Projektierung (Bau-, Ausführungsprojekte) müssen die Massnahmen weiter konkretisiert und allenfalls neuen Erkenntnissen angepasst werden. Zusätzlich sind die im Rahmen der Plangenehmigungsverfügung erlassenen Auflagen zu berücksichtigen und die daraus resultierenden Detailprojekte zu erarbeiten. Im weiteren müssen Vorgaben gewährleisten, dass die umweltrelevanten Aspekte in der Ausschreibung beachtet werden. Spezifische Anleitungen zur Ausschreibung sollen dazu führen, dass die Unternehmer die Umsetzung der Umweltschutzaufgaben in ihren Kostenkalkulationen berücksichtigen.

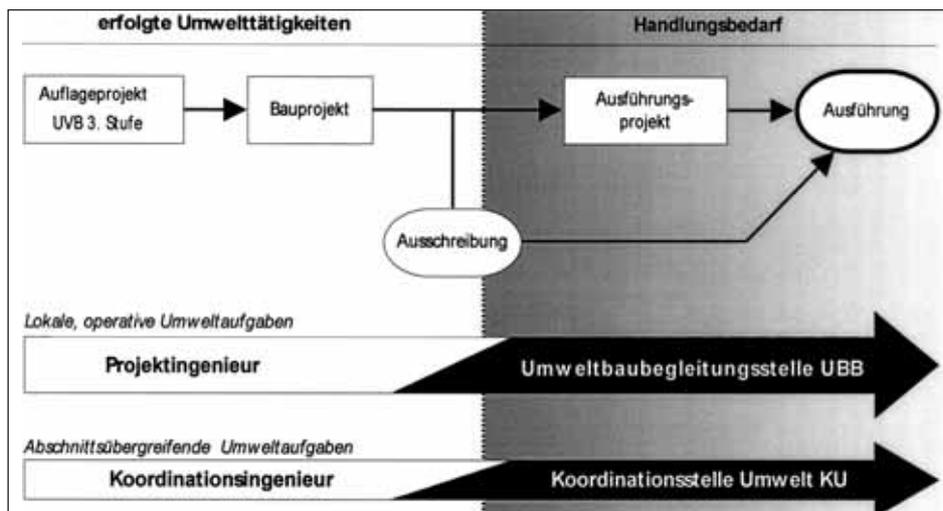
3.3 Beispiel Materialablagerung Val Bugnei

Beim Zwischenangriff Sedrun im oberen Vorderrheintal liegt eine Kulturlandschaft vor, wie sie vielerorts im Alpenraum anzutreffen ist. Als besondere Charakteristika müssen die scharf ausgeprägten, terrassenartigen Schuttfächer hervorgehoben werden. In der ganzen Surselva sind keine vergleichbaren Landschaftselemente zu finden.

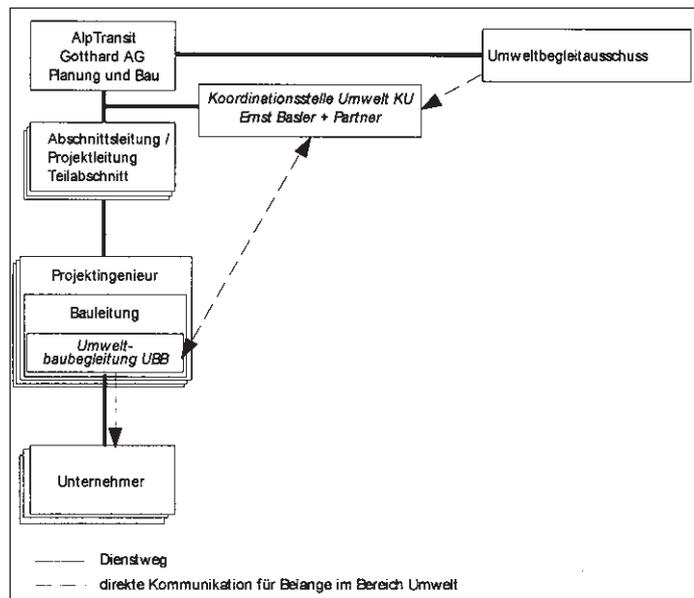
Im Rahmen der Überlegungen zum Umgang mit dem Ausbruchsmaterial aus dem Zwischenangriff stellte sich die Frage, wie weit diese Geländevertiefungen (Val da Claus und Val Bugnei) sich für die Ablagerung von nicht wiederverwendbarem Material eignen. Eindeutig positiv zu vermerken sind die kurzen Transportdistanzen und der Gewinn von Landwirtschaftsland im Val da Claus, der von der Gemeinde stark gefordert wurde. Demgegenüber stehen der Verlust der Landschaftselemente und der damit verbundenen Biotope und Lebewesen. Die Umweltbegleitplanung führte schliesslich zu einem Vorgehen, welches im Val da Claus zuerst einen Materialabbau und später die von der Gemeinde gewünschte Auffüllung vorsieht. Im Val Bugnei wird die faunistisch und floristisch wertvolle Ostseite grösstenteils geschont, die Ablagerung konzentriert sich auf die weniger wichtige Westseite. Dadurch kann einerseits das Material in der Region abgelagert werden und andererseits bleibt der Verlust an ökologisch und landschaftlich wertvollen Gebieten minimal. Die nicht vermeidbaren Defizite werden durch die Aufwertung von Landwirtschaftsflächen ausserhalb des eigentlichen Perimeters zusätzlich ausgeglichen. Im Rahmen der Baubewilligungsverfahren haben sich die Umweltschutzorganisationen mit diesem Vorgehen einverstanden erklärt.

4. Organisation der Umwelt-Baubegleitung

Das bewährte Prinzip der Arbeitsteilung zwischen Projekt- und Koordinationsingenieur wird auch für die Ausführung weitgehend übernommen. Für die dezentralen, operativen Aufgaben, d.h. die lokale Umsetzung der Umweltschutzmassnahmen, sind die Umweltbaubegleitungsstellen (UBB) verantwortlich. Die zentralen, strategischen und abschnittsübergreifenden Aufgaben werden ab Stufe Ausführungsprojekt von der Koordinationsstelle Umwelt (KU) wahrgenommen.



Die Umweltbaubegleitungsstellen sind Bestandteil der örtlichen Bauleitung und damit deren Chef unterstellt. Dies ist vergleichbar mit einer Fachbauleitung für elektrische oder elektrischmechanische Anlagen.



Deshalb ist für die Fachbelange im Umweltbereich die Umweltbaubegleitung bzw. die Umweltbauleitung im Einvernehmen mit dem Chef der örtlichen Bauleitung zuständig. Ihre Besetzung und Organisation ist Sache der Bauleitung respektiv des Projektgenieurs, wenn diese Aufgaben zusammenfallen.

Die Koordinationsstelle Umwelt (KU) ist in die Projektorganisation auf der Stufe des Bereichs Planung und Bau eingebunden. Der Umweltbe-gleitausschuss hat die Aufgabe, die einheitliche Anwendung und Umsetzung von Standards sowie die Koordination zwischen AlpTransit und den betroffenen Kreisdirektionen der SBB sicherzustellen.

5. Instrumente der Umwelt-Baubegleitung

Beim Zwischenangriff Sedrun haben sich nach fast drei Jahren Umweltbaubegleitung gut gelebte "Arbeitsprozesse" etabliert. Dazu gehören Hilfsmittel, wie:

- Checklisten für die Massnahmenumsetzung mit Angaben zu Zielen, Terminen, Verantwortlichkeiten, Tätigkeiten und betroffenen Umweltaspekten
- Konzepte/Pflichtenhefte für die einzelnen Akteure mit Angaben zur praktischen Umsetzung
- Baustellenbegehungen zur Information und Betreuung der Unternehmungen sowie zur Erfolgskontrolle der angeordneten Massnahmen
- Nachweisdokumentation in Form von Begehungs-, Besprechungs- und/oder Messprotokollen, Detailplänen und Fotos über den Baufortschritt
- Behördenkontakte in Absprache mit dem Bauherrn, um die Konzepte oder Pflichtenhefte zu bereinigen

Konkrete Beispiele dazu sind in der Ausstellung der AlpTransit AG in der Turnhalle der Kaserne Airolo dargestellt.

Die Koordinationsstelle Umwelt koordiniert und kontrolliert die Umsetzung der Umweltschutzmassnahmen abschnittsübergreifend im Auftrag der AlpTransit Gotthard AG. Sie berät Projekt- und Abschnittsleitung bezüglich einheitlicher Vorgehensweisen. Zu diesem Zweck werden Vorgaben und Arbeitshilfen erstellt, die periodisch aktualisiert werden. Damit die KU diese Aufgaben wahrnehmen kann, ist sie auf einen gut funktionierenden Informationsfluss zwischen UBB und KU angewiesen. Folgende Instrumente stehen der KU zur Verfügung.

- Sie erhält alle wichtigen, **umweltrelevanten Daten** (Aktennotizen, Protokolle, Berichte, Auswertungen von Messdaten, aktualisierte Checklisten) und wertet sie aus. Sobald Schwierigkeiten erkannt werden, wird im Kontakt mit der UBB nach Lösungsmöglichkeiten gesucht.
- Zwei- bis viermal jährlich erfolgen **Baustellen-Besuche**. Die UBB informiert dabei die KU über den Stand der Bauvorhaben sowie über allfällige Probleme bei der Umsetzung der Umweltschutzmassnahmen.
- In den **Kurzberichten** der KU an die Projekt- und Abschnittsleitungen AlpTransit Gotthard wird über die wichtigsten Umweltbelange der Ausführungsphase informiert
- Die zuständigen Fachstellen von Bund und Kanton werden periodisch zu "UmweltAudits" eingeladen. Dabei werden sie über den Stand der Umsetzung der Umweltschutz-

massnahmen informiert. Regelmässig werden auch die Umweltschutzorganisationen begrüsst.

- In Zukunft werden die Umweltschutzmassnahmen mit Hilfe eines auf einem Geographischen Informationssystem (GIS) basierenden **Managementsystems** verwaltet.

6. Erfahrungen aus der Sicht der AlpTransit Gotthard AG

Ich möchte unsere Erfahrungen anhand einiger konkreter Beispiele erläutern:

- Aufgrund der grossen Mengen an Ausbruchmaterial hat AlpTransit Gotthard immer eine bestmögliche **Materialbewirtschaftung** angestrebt. Grösstmöglicher Wiederverwertungsanteil, eine optimale Wirtschaftlichkeit und minimale Umweltbelastung sind die Ziele die dabei gleichwertig erreicht werden sollen. Die im Rahmen des Umweltmanagements durchgeführte **Ökobilanz** zeigt, dass das gewählte Konzept von AlpTransit, verglichen mit den drei Alternativ-Varianten, die entweder keine Aufbereitung und/oder keine Bahntransporte beinhalten, bezüglich **Ökoeffizienz** am besten abschneidet.
- Zur Durchführung von **ökologischen Ersatzmassnahmen** nach Art. 18 NHG wurde in Sedrun ein spezifisches Vorgehenskonzept erarbeitet. Die Verhandlungen mit den interessierten Landwirten bezüglich der Bereitstellung von Flächen sowie langfristiger Unterhaltsmassnahmen von Trockenstandorten konnten erfolgreich abgeschlossen werden. Die Ersatzstandorte liegen im Gebiet oberhalb der FO-Linie bei Sedrun.
- Das **Lärmschutzkonzept** in Sedrun sieht vor, an exponierten Empfangspunkten in regel mässigen Abständen Lärmmessungen durchzuführen. Beim Sprenglärm traten aufgrund der installierten Lärmschutzvorhänge keine übermässigen Belastungen auf. Einzig vom Ventilator am Portal, welcher jedoch im Herbst 1998 ausser Betrieb gesetzt wird (Lüftung Val Nalps in Betrieb), wurden Grenzwertüberschreitungen registriert. Daraufhin wurden erfolgreich Massnahmen zur Abschirmung getroffen. Eine Steinbrechanlage wurde wegen Reklamationen der Anwohnerschaft tiefergelegt und besser abgeschirmt.
- Seit August 1997 ist in Sedrun die Presse in Betrieb, welche den **Schlamm** aus der Kies- und der Bergwasseraufbereitungsanlage entwässert. Untersuchungen des gepressten Schlamms haben gezeigt, dass die **Nitritwerte** im Eluat die Anforderungen gemäss TVA für Inertstoffdeponien deutlich überschreiten. Die AlpTransit Gotthard AG hat aus diesem Grund ein Untersuchungsprogramm zu den Auswirkungen bei Verwendung unterschiedlicher Sprengstoffarten (u.a. nitrit-arme Sprengstoffe) ausgelöst. Nachdem die erste Phase dieser Untersuchungen zusätzlichen Handlungsbedarf aufgezeigt hat, sind vor wenigen Wochen konkrete Sprengversuche in Sedrun und in Sigrino abgeschlossen worden. Die Resultate liegen zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht vor.
- Als weitergehende Massnahme soll die rheinaufwärts gelegene **Aue Giu Milà revitalisiert** werden. Die divergierenden Nutzungsansprüche zwischen der Gemeinde Tujetsch (Naherholung) und AlpTransit (Naturschutz) konnten noch nicht bereinigt werden.

Erschwerend für die Detailprojektierung wirkt der Umstand, dass die Gemeinde im Gebiet der zu revitalisierenden Aue bereits einen Rastplatz mit künstlichen Teichen und Bänken angelegt hat sowie einen Campingplatz im angrenzenden Gebiet plant. Dies würde den Erholungsdruck auf das Revitalisierungsgebiet verstärken. Zusammen mit der UBB werden gemeinsam mit der Gemeinde mögliche Lösungsansätze formuliert, die zu einer gütlichen Einigung führen sollen.

- Beim Sondierstollen Sigirino wurde von AlpTransit im Bereich der Materialablagerung ein schon bestehende **Pneualtlast saniert**. Am 16. Juni 1997 erfolgte die Abnahme durch die kantonale Umweltfachstelle (SPAA). Während der Sanierung wurden ausser den erwarteten Gummikomponenten der Pneus keine weiteren Stoffe festgestellt. Die ausgehobene Menge war ca. 10% höher als vorausgesagt. Das Material wurde zerkleinert und mit LKW auf die kantonale Deponie Gudo transportiert.
- Die bewaldeten Ufer des Vedeggio wurden im Gebiet des Sondierstollens Sigirino teilweise als **wilde Abfalldeponie** genutzt. Bei Baubeginn wurde das Gebiet unter Leitung der UBB gesäubert und die Abfälle wurden umweltgerecht entsorgt.

7. Zusammenfassung

Aus Sicht der AlpTransit Gotthard AG kann aufgrund der bisherigen Erfahrungen eine positive Bilanz gezogen werden. Mit dem systematischen Umweltmanagement konnten verschiedene Probleme frühzeitig erkannt und rechtzeitig gelöst werden. Die regelmässigen Umweltaudits mit den kantonalen Fachstellen haben zu einem Vertrauensverhältnis geführt und erleichtern diesen Ämtern die Arbeit. Der Kontakt zu den Umweltschutzorganisationen hilft mit, Vorurteile abzubauen und neue Möglichkeiten zu prüfen. Die positiven Erkenntnisse werden dazu beitragen, dass die weiteren, teilweise in wesentlich sensibleren Gebieten geplanten Baustellen, umwelt- und landschaftsverträglich installiert, betrieben und rückgebaut werden können.

Conferenza

Alpine Geotraversen: der Beitrag von Basistunnels und seismischen Profilen zum Verständnis der Alpengeologie am Beispiel der Piora-Zone

Les géotransversales alpines: la contribution des tunnels de base et des profils sismiques à la compréhension de la géologie alpine à l'exemple de la zone de Piora

Adrian Pfiffner

Prof. Dr., Geologisches Institut Universität Bern, Baltzerstr. 1, CH-3012 Bern

Zusammenfassung

Die bestehenden Eisenbahn- und Strassentunnels kombiniert mit seismischen Untersuchungen geben ein recht komplexes Bild der geologischen Tiefenstruktur der Schweiz. Die Schweizer Alpen bestehen aus einem Stapel von übereinander geschobenen Decken, welche aus Oberkrustenmaterial bestehen und über viele Kilometer disloziert wurden. Die Kontakte zwischen solchen Decken zeichnen sich oft durch das Vorhandensein von mechanisch wenig fließresistenten Gesteinen aus. Ein gutes Beispiel hierfür stellt die Piora-Zone dar. Hier erlauben die Anhydrite die Relativbewegungen zwischen dem Gotthard- und dem Lucomagno-Kristallin. Anhydrit löst sich unter dem Einfluss zirkulierender Wässer, wobei unter anderem Rauhacken entstehen können, ein Gestein mit sehr schlechten Eigenschaften bezüglich Untertagebauten.

Résumé

Les tunnels de base - routiers ou ferroviaires -, ainsi que les transversales sismiques parcourant les Alpes suisses rassemblent des données géologiques très variées. La structure profonde des Alpes est caractérisée par un bâti asymétrique de nappes charriées sur plusieurs dizaines de kilomètres et composées de roches supracrustales. Les contacts entre ces nappes sont jalonnés de roches à faible résistance mécanique. Un tel exemple se rencontre dans la zone de Piora, où des mouvements étaient facilités par la présence d'une couche d'anhydrite. Ce type de roche se dissout sous l'action de l'eau donnant naissance à des cornieules qui à leur tour présentent des zones difficiles pour toute construction souterraine.

Zur Geologie der Piora-Zone

Die Piora-Zone, ein Sedimentgesteinszug, erstreckt sich über eine Distanz von 100 km in Ost-West-Richtung auf der Südseite des Gotthards. Diese Sedimente trennen die metamorphen Gneise und Schiefer des Gotthard-Kristallins von jenen des Lucomagno-Kristallins. Alle drei Gesteinseinheiten müssen beim Bau des Gotthard-Basistunnels durchörtert werden.

Eine genauere Kartierung der Piora-Zone (Figur 1) zeigt ein komplexes Nebeneinander verschiedener Sedimenttypen. Das Vorkommen von jüngeren Gesteinen (obertriadische Quartenschiefer und jurassische Bündnerschiefer) eingebettet in die älteren, wahrscheinlich mitteltriadischen Dolomite und Rauhdecken bewegte die älteren Bearbeiter, in der Piora-Zone eine Synklinale, bzw. eine "Mulde" zu sehen (Probst 1980, Etter 1986).

Eine genauere Kartierung und strukturgeologische Betrachtungen zeigen aber, dass die interne Struktur komplizierter ist (Schaad & Pfiffner 1992).

Namentlich das Auftreten von Linsen von Kristallin am nördlichen Kontakt der Piora-Zone, der asymmetrische Bau im Süden, wo die Quartenschiefer mehr oder weniger direkt an das Lucomagno-Kristallin grenzen, sowie die komplexen Grenzen zwischen Rauhdecken und verschiedenen Dolomittypen sprechen gegen eine einfache Faltenstruktur.

Die in Figur 1a vereinfachte geologische Karte zeigt grössere, zusammenhängende Komplexe von zuckerkörnigem, kohäsionslosem Dolomit. Daneben treten kalkige Dolomitmarmore in Lagen und Linsen auf. Schliesslich bilden Rauhdecken, in denen lokal auch Gips eingelagert ist, eine Matrix, die ungefähr 50% des Gesamtvolumens der Piora-Zone ausmacht.

Seismische Untersuchungen

Im Verlaufe der NEAT-Voruntersuchungen wurde unter anderem der Frage nachgegangen, wie sich die Piora-Zone in die Tiefe fortsetzen würde. Aufgrund des allgemeinen Kenntnisstandes musste davon ausgegangen werden, dass sich das steile Einfallen über eine gewisse Distanz in die Tiefe fortsetzen und dann einem flachen Südfallen weichen würde.

Die Untersuchungen der geologischen Tiefenstruktur der Schweiz im Rahmen des Nationalen Forschungsprogrammes NFP 20 (Pfiffner et al. 1997) zeigten, dass sich die Deckentrenner, d.h. die dünnen Sedimentzüge zwischen den Kristallindecken des Penninikums über eine lange Distanz flach nach Süden in die Tiefe erstrecken.

Strukturgeologische Untersuchungen in der Piora-Zone (z.B. Probst 1980, Etter 1986) erklärten das steile Einfallen der Piora-Zone an der Oberfläche durch Rückfaltung eines ursprünglich flach nach Süden einfallenden Kontaktes.

Seismische Untersuchungen (Frei & Pfiffner 1991) deuteten darauf hin, dass sich das steile Nordfallen bis unter Tunnelniveau fortsetzen würde und dass der Kristallinkörper Selva Secca sich in geringer Tiefe mit dem Gotthard-Kristallin vereinigen würde (Figur 2).

Geologische Voruntersuchungen

Um die Tiefenstruktur der Piora-Zone auszuleuchten wurden im Zusammenhang mit der Planung des NEAT-Basistunnels Gotthard ein Sondierstollen (SSP: Sondierstollen Polmengo) von der Leventina nach Norden zur Piora-Zone vorgetrieben. Von diesem Sondierstollen aus wurden sodann mehrere Bohrungen vorgetrieben, wovon die erste, horizontale in der Piora-Zone ein wassergesättigtes Gemisch von zuckerkörnigem Dolomit antraf, welches unter hohem Druck steht.

Die Bohrungen vom Polmengo-Sondierstollen aus bestätigten schliesslich den generellen Verlauf der Piora-Zone mit dem Tiefgang wie er aus strukturgeologischen und seismischen Untersuchungen vorausgesagt wurde (Figur 3). Insgesamt stellt sich somit die Piora-Zone als ein Deckentrenner zwischen Gotthard-Kristallin unten, bzw. im Norden, und Lucomagno-Kristallin oben, bzw. im Süden heraus.

Die Bohrungen vom Polmengo-Sondierstollen aus brachten aber auch eine weitere, neue Erkenntnis. Die ersten, horizontalen Bohrungen Bo 1.2 und 1.3 (vgl. Figur 3) trafen in der Piora-Zone wassergesättigtes, kohäsionsloses, schwimmendes Gebirge an, welches unter hydrostatischem Druck steht. Die Schrägbohrung Bs 4.2 (vgl. Figur 3) durchquerte die Piora-Zone etwa 250 m über dem Niveau des Basistunnels in relativ festem Gestein, das sich als Wechsellagerung von Anhydrit und Dolomitmarmor entpuppte (Herwegh & Pfiffner 1997). Dasselbe galt für die späteren Bohrungen Bs 4.3 bis 4.5, welche die Piora-Zone etwa auf dem Niveau des Basistunnels durchhörten.

Somit kann festgehalten werden, dass die Sedimente der Piora-Zone als Deckentrenner zwischen Gotthard und Lucomagno gut ins Bild der alpinen Tektonik passt. Insbesondere die Anhydritanteile reduzierten die Festigkeit dieses Sedimentpaketes während der Gebirgsbildung. Als Folge wirkte die Piora-Zone als Abscherhorizont und Gleithorizont bei der Überschiebung des Lucomagno-Kristallins auf das Gotthard-Kristallin. Die für den Tunnelbau kritische Frage des Überganges von wassergesättigtem, kohäsionslosem, zuckerkörnigem Dolomit und Rauhwacken zu relativ festem Anhydrit-Dolomitmarmor wird in Herwegh & Pfiffner (1999) näher diskutiert.

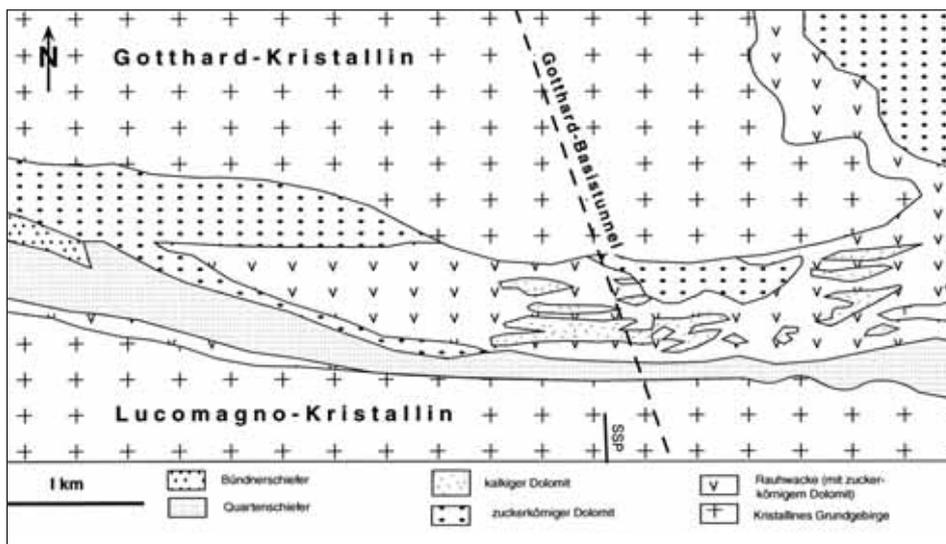


Fig. 1: Vereinfachte geologische Karte der Piora-Zone im Gebiet des Gotthard-Basistunnel und des Sondierstollens Polmengo (SSP).

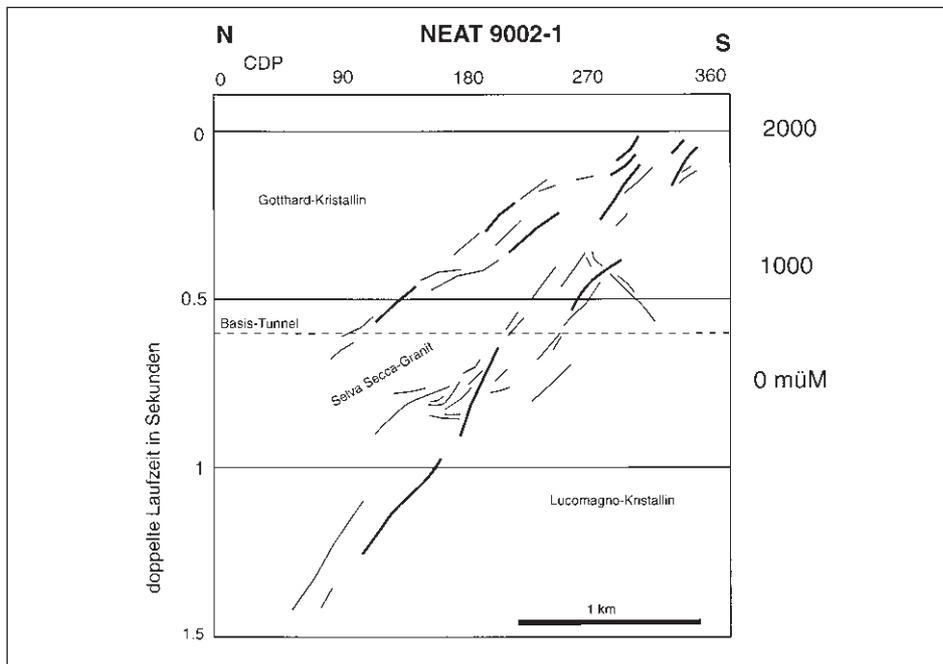


Fig. 2: Strichzeichnung der seismischen Profile (nach Frei & Pfiffner 1990). Die fett hervorgehobenen Linien erscheinen auf sämtlichen seismischen Linien.

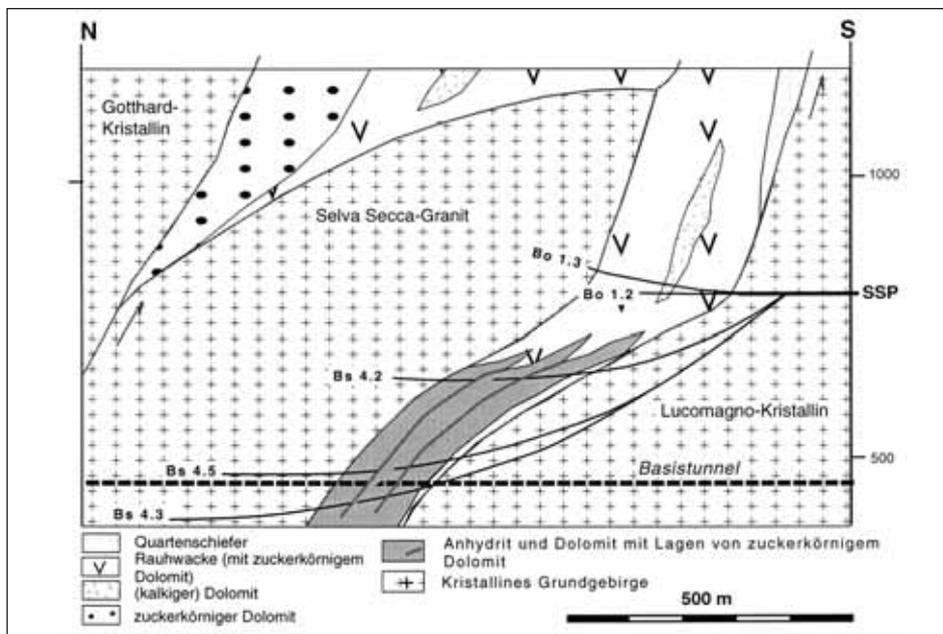


Fig. 3: Geologischer Profilschnitt längs des Gotthard-Basistunnels und des Sondierstollens Polmengo (SSP). Bs und Bo: Sondierbohrungen.

Conferenza

Le rôle économique et politique de la ligne ferroviaire du St. Gothard: un regard historique et prospectif

Remigio Ratti

Prof. Dr. rer. Pol., Dir. Istituto Ricerche Economiche, Università della Svizzera Italiana, 6904 Lugano

Cette contribution porte sur l'évolution - passée, présente et future - de l'espace de marché du transit ferroviaire marchandises à travers les Alpes suisses. D'emblée, il vaut la peine de souligner non seulement l'actualité du thème mais aussi de rappeler les principaux enjeux de cette problématique.

Notre politique du transit doit en effet considérer les objectifs multiples – de nature historique, politique et économique – qui accompagnent la Suisse depuis ses origines. Ce domaine représente, d'une façon certainement emblématique, un laboratoire pour l'équilibre de nos relations avec nos voisins, aujourd'hui représentés par l'Union Européenne.

La trajectoire de notre politique du transit de ce siècle a été caractérisée par une consolidation progressive des objectifs politiques de sécurité grâce à un meilleur ancrage économique et selon une stratégie qui a vu l'apogée du chemin de fer en 1970. Depuis lors et bien avant le livre blanc de l'UE la position de marché n'a fait que de se dégrader. Aujourd'hui, il semble bien que la stratégie de notre politique de transit soit entrée dans une nouvelle phase. En effet, la "vocation suisse pour le transit" nécessite d'une redéfinition des objectifs de long terme de la politique du transit à travers les Alpes : celle-ci doit être moins sectorielle et de plus en plus globale, moins nationale et de plus en plus alpine et européenne.

1. Succès et limites de la conception nationale et sectorielle du transit

Afin de comprendre la situation dans laquelle la politique suisse du transit se trouve à l'heure actuelle il vaut la peine de bien connaître les processus qui ont déterminé son espace de marché et les stratégies y relatives. Les difficultés connues dans les années vingt sont encore riches d'enseignements en ce moment, ainsi que la connaissance des conditions qui ont caractérisé le marché jusqu'aux années septante. Malheureusement, faute de transparence et d'attention politique, on note une très mauvaise prise de conscience des changements radicaux qui s'annonçaient depuis longtemps.

1.1 Les difficultés des années 1920-1930 et la naissance précoce et habile d'une stratégie suisse axée sur le marché et l'efficacité

Durant vingt-sept années d'exploitation autonome (1882-1909), la Compagnie du Gothard réalisa des résultats financiers impensables à l'heure actuelle. Les bénéfices permettaient de rémunérer le capital de 50 millions de francs avec un dividende variant entre 7 et 8%, taux légèrement supérieur à celui de 7%, au-delà duquel la Compagnie devait verser la moitié de l'excédent aux Etats qui avaient subventionné la construction. Le résultat théorique calculé pendant les années transitoires, jusqu'à la ratification par les Chambres fédérales de la nouvelle Convention du Gothard, donna même, pour 1912, un bénéfice net de 9,6%.

Dès lors, il est clair que la situation permettait le prélèvement d'une bonne rente, même si la Convention de 1869 tendait à restreindre la liberté de manœuvre en matière tarifaire. D'autre part, le rachat par les Chemins de fer fédéraux (CFF) de la Compagnie du Gothard (20.04.1909) avait placé la Suisse, malgré les vives et nombreuses polémiques, dans une bonne position. En effet, l'Allemagne et l'Italie renoncèrent à leur requête de remboursement des subventions versées lors de la construction de la ligne (58 millions pour l'Italie et 30 pour l'Allemagne). L'intérêt premier de ces deux pays étant celui de leur commerce extérieur, la Suisse se vit confier le rôle de "gestionnaire efficace" du transit¹.

Malgré cela, à partir des années 1920, le St-Gothard perdait sa position de force qui lui permettait de fixer le barème des tarifs. Les concurrents du Mont-Cenis et du Brenner alignant leurs tarifs sur l'itinéraire gothardien, une vive compétition s'engagea. Le rapport entre recettes moyennes par tonne-kilomètre du trafic de transit et celles enregistrées par le trafic intérieur suisse indique bien le changement : si, en 1907, les recettes moyennes unitaires du transit étaient de 1/3 inférieures à celles du trafic intérieur, en 1928, elles étaient de 3/4 inférieures. On pourrait penser que les modifications structurelles de l'offre (mise en exploitation du Simplon en 1906 et du Lötschberg en 1913) aient été une cause importante de la diminution constatée, puisque le nouvel itinéraire, qui est en partie privé, s'attribue le cinquième du trafic total en transit par les transversales nord-sud à travers la Suisse. Mais le Simplon et le Lötschberg, plus que de concurrencer le St. Gothard, semblent surtout avoir renforcé la position helvétique dans son rôle de pays de transit.

La cause principale de la diminution des recettes a été l'appréciation du franc suisse par rapport aux monnaies des pays concurrents sur le marché du transit. Entre 1919 et 1928, l'Europe vivait pratiquement en régime de changes flexibles², tandis que le retour à la convertibilité et à des taux fixes n'empêchèrent pas d'importantes dévaluations. Déjà à partir de 1921, à cause de la dépréciation des monnaies des pays limitrophes, les CFF se voyaient obligés d'aligner leurs prix sur les niveaux des concurrents français et autrichiens, contrairement à ce qui s'était pratiqué jusqu'alors. Les chemins de fer suisses accordèrent au trafic de transit "la parité avec les prix totaux offerts sur les autres itinéraires concurrents", en remboursant au client l'éventuelle différence de prix existant entre le transit à travers la Suisse et le transit par l'étranger³.

La réponse aux nouvelles contingences révéla toutefois une habile stratégie de politique tarifaire, élastique et libérale. Afin d'éviter les procédés bureaucratiques, que l'application du principe de la "parité des prix totaux" et du remboursement éventuel aurait entraînés, on passa au système plus souple de la "détaxe", avec lequel les CFF se trouvaient pratiquement à opérer selon le marché, en négociant périodiquement avec leurs principaux clients les niveaux de tarifs spécifiques. Cette formule eut l'avantage de consolider les rapports avec les expéditeurs⁴

opérant sur l'axe Bâle-Chiasso, qui avaient ainsi tout intérêt à concentrer le trafic et à le développer (notamment en effectuant le "groupage"), afin de pouvoir négocier de meilleures conditions tarifaires.

Cependant, la réponse par les prix ne pouvait pas suffire. Pour lutter contre la concurrence, il fallait aussi abaisser les coûts d'exploitation⁵ et améliorer les prestations. Cette opération devait réussir grâce à l'électrification de la ligne, la généralisation de la double voie et la modernisation des installations d'exploitation, de sécurité ainsi que des équipements à la frontière⁶.

L'électrification, bien que plus tardive que celle du Simplon et du Lötschberg, se réalisa en pleine guerre mondiale déjà⁷. En 1920, le parcours alpin était équipé, il fut progressivement rattrapé par le reste de l'itinéraire (1922: Lucerne-Chiasso 1924: Bâle-Lucerne). Les concurrents étaient en retard, puisque le Brenner ne fut totalement électrifié qu'en 1928 et le Mont-Cenis en 1929.

Au point de vue de l'efficacité d'exploitation les résultats furent probants : forte réduction des coûts d'énergie, forte augmentation des capacités de traction. Cela permit au Saint Gothard, probablement avec des conséquences politico-militaires favorables pour la Suisse, d'offrir des prestations exceptionnelles pendant la deuxième Guerre mondiale.

Rien ne permet cependant de tirer un bilan du point de vue financier, puisque les résultats sont impossibles à déterminer et à isoler dans le cadre de la comptabilité financière des Chemins de fer fédéraux⁸. D'ailleurs, vu la position concurrentielle du Saint Gothard, la stratégie tarifaire décrite reste un "secret d'entreprise". La seule chose que l'on peut avancer concerne le rôle, certainement important joué par les difficultés rencontrées sur le Gothard dans la détermination des résultats financiers des CFF, sans oublier cependant de prendre en compte l'augmentation de la part de la route dans le trafic et la situation économique générale de l'époque. Lors des vingt années de paix (1919-1938), on a enregistré treize résultats négatifs pour un total de 518 millions de francs et sept résultats positifs pour un total de 47,2 millions de francs.

1.2 De l'âge d'or (1970) à l'avènement de la concurrence routière

La phase de développement, après la deuxième Guerre mondiale, l'intégration économique européenne et l'efficacité de l'offre ferroviaire suisse ont rapidement porté le Saint Gothard et les CFF vers une sorte "d'âge d'or", tant du point de vue des résultats d'exploitation que des résultats financiers.

En 1970, le trafic de transit représentait presque la moitié (46,7%) du volume du trafic marchandises des CFF, ce qui donnait au total 978,4 millions de francs (61% des recettes globales d'exploitation). Au minimum, en proportion, le transit représentait donc, cette année-là, 30% des recettes totales d'exploitation des CFF, trafic des voyageurs compris. En fait, la valeur de ces recettes était bien plus grande, étant donné que la rente qu'elle incluait permettait pratiquement de compenser les pertes concernant le trafic marchandises de détail, le trafic des voyageurs en abonnement et d'autres prestations pour une valeur totale de presque 200 millions de francs.

Cependant, comme dans les années 1920, le revirement de la situation du marché fut rapide et les difficultés, que l'on prévoyait liées à l'insuffisance de capacité furent de tout autre nature. La perte subite de presque un tiers du trafic, en 1975, a montré, au-delà des considérations conjoncturelles, des changements structurels modifiant substantiellement les rapports concur-

rentiels qui existaient durant la décennie précédente. Il s'agissait soit de la forte appréciation du franc suisse, qui a renchéri nos prestations de transports et de services, soit de l'affirmation du concurrent routier, et cela, même sur les itinéraires alpins à longue distance.

La cause monétaire rappelle la situation décrite pour les années 1920.

A partir de janvier 1973, le franc suisse, fluctuant librement, connut un net processus d'appréciation nominale et réelle, qui ne s'arrêta pas au phénomène normal d'ajustement vers le haut d'une monnaie qui, jusqu'alors, pouvait être considérée comme sous-estimée. A la fin de 1974, le franc s'était apprécié de 40% (36% en termes réels) par rapport à sa valeur de base de mai 1971. Après une certaine stagnation, entre 1975 et 1977, l'appréciation réelle a connu une nouvelle pointe en 1978 (+71% par rapport à 1971), pour continuer par la suite son évolution fluctuante mais tendancieusement à la hausse.

En quelques années, l'avantage concurrentiel de "l'âge d'or" devait fondre comme neige au soleil. La direction des CFF évaluait à environ 100 millions de francs, en 1978, la perte de recettes sur le trafic de transit due à des causes monétaires (20 millions pour le trafic voyageurs)⁹. Ce résultat a été la conséquence aussi bien des alignements tarifaires vers le bas que de la perte effective de trafic.

D'autre part, le cadre de concurrence monopolistique des chemins de fer sur le marché du transit à travers les Alpes a été définitivement rompu par le développement de l'offre routière. Si l'on considère la répartition modale des transports de marchandises entre l'Italie et l'Europe du Nord (par chemin de fer, route et mer, pipelines exclus), la part du rail est passée de 70% en 1965 à 57% en 1970 et jusqu'à 38% en 1980. Dans la même période, la route prend de l'importance (10,6% à 32%), comme le transport par voie maritime (18,8% à 30%)¹⁰.

En même temps, la participation de la Suisse à l'ensemble du trafic à travers les Alpes (chemin de fer et route) a diminué, en chiffres relatifs bien sûr, de 47% en 1961 à 23% en 1980, tandis que sa part au seul trafic ferroviaire passe de 50% en 1961 à 35% en 1978, pour remonter à 43% en 1980.

La réponse de la Confédération et des chemins de fer à cette évolution a été dans la ligne traditionnelle de la politique de transit déjà décrite pour les années de l'entre-deux guerres. Fidèle à sa réputation déjà connue, la Suisse a joué la carte de l'adaptation de l'offre et celle de l'efficacité des prestations. L'utilisation des abaissements tarifaires a aussi été instaurée, avant que l'on ne s'en repente.

Afin d'adapter l'offre, et après avoir mis en oeuvre les nouvelles technologies d'exploitation permettant d'augmenter la capacité du Saint Gothard (banalisation des voies, planification et surveillance continue des trains, trains-blocs, haute performance de traction, amélioration des installations de sécurité), le Conseil fédéral, dans son message du 4 février 1976, décidait le doublement de la voie du Lötschberg.

D'autre part, face au concurrent routier, les chemins de fer, à côté des instruments passifs de dissuasion (limite du tonnage, éventuelle taxe sur les poids lourds), ont introduit et développé l'instrument actif du feroutage, c'est-à-dire le chargement de poids lourds ou de semi-remorques sur wagons ferroviaires.

La stratégie tarifaire, comme dans la période difficile décrite précédemment, a utilisé les rabais tarifaires en vue de garder les clients principaux, surtout les expéditeurs.

Toutefois, cet instrument s'est révélé très coûteux, puisque le trafic de transit des CFF est aussi entré dans les chiffres rouges.

1.3 La force du binôme “intérêt des CFF = intérêt de la Suisse”

En conclusion nous avons vu comment, pendant presque un siècle, la Suisse a pu gérer avec succès sa politique du transit des marchandises à travers les Alpes. Celle-ci était fondée sur une stratégie ferroviaire basée sur une hypothèse solide et ceci pendant de nombreuses années: le binôme existant entre intérêts économiques et financiers des chemins fer et intérêts généraux pour la Suisse.

La force historique de ce binôme était basée sur les facteurs suivants qui, bien qu'à des degrés différents et depuis un certain temps déjà, sont remis en question:

- un facteur géographique, à l'origine de l'avantage comparatif des itinéraires ferroviaires suisses, souvent les plus courts pour la majorité des flux entre le nord et le sud des Alpes et, aussi, d'une sorte de protection physique qui a permis pendant longtemps de mettre hors jeu la concurrence routière;
- un facteur technologique, basé sur la compétitivité de l'offre ferroviaire, constamment améliorée grâce à d'importants investissements et à l'innovation (électrification, sécurité, banalisation des voies, informatisation);
- un facteur économique, lié aux bénéfices financiers dégagés non seulement par la compétitivité de l'offre mais aussi par une véritable exploitation de la rente de situation dans laquelle s'est trouvée la Suisse jusque dans les années septante.

Dans ces conditions la stratégie de la Suisse et de sa politique des transports a été celle de mettre les Chemin de fer fédéraux dans les meilleures conditions cadre pour exploiter leur position en permettant ainsi la consécration du binôme évoqué. En effet, la Suisse entière a su mettre en valeur les solides atouts économiques qui ont pendant longtemps régné sur ce marché particulier du transit à travers les Alpes.

2. La politique du transit à travers la Suisse face à une nouvelle phase de son histoire

Les années quatre-vingt avaient marqué assez négativement le chapitre des politiques des transports soit au niveau européen, soit au niveau suisse. La politique suisse a été caractérisée, au niveau du transit, par des “ stop and go ” quant à la nécessité de planifier les nouvelles infrastructures, tandis que la Communauté économique européenne a continué sa non-politique en matière de transports communautaires. Il en est ressorti un cadre de plus en plus déséquilibré tant au niveau de la cohérence entre les différentes politiques nationales, qu'au niveau des rôles joués par les différents modes de transport. Les nouvelles réglementations qui concernent l'organisation du secteur ferroviaire et l'organisation du trafic de transit, mises au point dans les années quatre-vingt-dix, auront ainsi d'autant plus d'impact. La Suisse subit une inversion de la logique de détermination de sa politique du transit. Si, jusqu'à maintenant elle avait presque toujours pu mener le jeu, le scénario semble bien se renverser en la faveur de l'EU. Ceci malgré tout le bien fondé de ses argumentations en faveur d'un trafic de transit respectueux de l'environnement et cohérent avec une stratégie de développement durable valable pour l'ensemble de l'arc alpin.

2.1 La perte de la rente de situation des CFF et la mise en discussion de la politique nationale et sectorielle du transit

Bien avant les directives communautaires concernant la libéralisation des chemins de fer en Europe la Suisse et ses chemins de fers avaient déjà perdu, sans en avoir pleine conscience, la rente de situation qui les caractérisaient.

L'année 1970 a été la dernière où les CFF ont pu clore leurs comptes en parité, malgré les pertes dénoncées dans tous les secteurs d'activité sauf, sans trop le dire, dans le transit marchandises. En 1975 les CFF perdent un tiers de ce trafic, tout en attribuant les causes de cette perte à la crise pétrolière qui a suivi la guerre d'octobre 1973. Mais la cause réelle était bien la concurrence routière qui commençait avec l'ouverture progressive des itinéraires autoroutiers du Brenner et du Mont Blanc. Le Saint Gothard et le BLS (Bern-Lötschberg-Simplon Bahn) perdent des parts de marché tandis que l'ouverture du tunnel routier du St. Gothard – qui selon les autorités n'aurait dû causer aucun accroissement du trafic marchandises international – enregistre un accroissement absolu et relatif préoccupant.

Tableau 1: Trafic marchandises à travers les Alpes (trafic interne, d'importation, d'exportation et en transit, en millions de tonnes nettes).

Transporteurs et routes principales	1970	1980	1990	1993	1994	1995	1996
Total rail¹	21.7	26.5	37.1	37.0	40.4	41.8	39.1
Suisse (CFF, BLS)	10.4	11.3	17.9	16.0	17.9	17.1	15.7
- via S.Gothard	8.1	8.4	13.6	11.7	13.3	13.6	11.7
- via Simplon/Lötschberg	2.3	2.9	4.3	4.3	4.6	4.5	4.0
Autriche (ÖBB)	5.4	5.6	10.93	12.6	13.8	14.3	12.8
- via Brenner	3.33	4.13	7.4	7.6	8.3	8.4	7.9
France (SNCF)	5.9	9.6	8.3	8.4	8.7	9.4	10.6
- via Mont-Cenis	5.23	8.03	6.93	7.0	7.7	8.4	9.7
Total route²	6.1	22.9	46.0	61.0	65.3	70.2	71.3
Suisse	0.9	1.3	4.2	5.6	6.1	6.6	7.1
- via St-Gothard	0.1	0.5	3.1	4.5	5.0	5.5	5.9
Autriche	2.8	13.0	18.93 ³	22.1	23.2	27.5	28.5
- via Brenner	2.7	10.7	14.4	17.1	17.6	20.0	19.0
France	2.4	8.6	22.9	33.3	36.0	36.1	35.7
- via Mont-Blanc	1.2	5.4	10.5	14.6	14.4	13.4	12.6
Total rail et route	27.8	49.4	83.1	98.0	105.7	112.0	110.4
Rapport rail: route	3.5:1	1.2:1	1:1.2	1:1.6	1:1.6	1:1.7	1:1.8

¹Suisse : St. Gothard, Lötschberg, Simplon

Autriche : Brenner, Tarvisio

France : Mont-Cenis, Ventimiglia

Les trois artères avec trafic des wagons complets, chaussée roulante, feroutage, grands conteneurs

²Suisse : St. Gothard, San Bernardino, Simplon, Grand St. Bernard

Autriche : Brenner, Tarvisio

France : Mont Blanc, Fréjus, Ventimiglia

³Estimation

Source : LITRA, Les transports en chiffres '97, Berne

Mais ce qui doit nous préoccuper davantage c'est la chute des tarifs et donc des recettes qui vraisemblablement ne couvrent de loin plus les coûts d'exploitation (le conditionnel est du au manque de transparence à cet égard, mais qui n'est pas une excuse pour se libérer de toute responsabilité politique).

Face à cette situation, déjà bien critique, la Suisse a du – dès la fin des années '80 – se rendre compte que sa politique nationale et sectorielle n'aurait plus de chance dans les nouveaux rapports de forces désormais instaurés en Europe.

C'est avant tout la question de la limitation à 28 tonnes du poids total admis pour la circulation des camions sur nos routes qui pose un grave problème. Ailleurs, et dans les pays de l'Union la limitation est actuellement de 40 tonnes avec une tendance allant vers les 50 tonnes. Or, il est évident que – une fois le réseau autoroutier terminé – toute limitation de ce genre apparaît aux yeux de nos voisins mais aussi de ceux des forces économiques de notre Pays comme une coûteuse discrimination.

Le Conseil fédéral a d'abord négocié le maintien de la limite des 28 tonnes encore jusqu'à l'année 2005, date hypothétique de mise en service des nouvelles transversales ferroviaires alpines, contre un financement totalement national des ses investissements et la liberté de décision en la matière. Celle-ci comporte notamment l'accélération et le soutien accru pour les programmes concernant les transports intermodaux, c'est-à-dire le ferroutage, y compris la formule quelque peu anachronique "d'autoroute roulante" ou de "transports intermodale accompagné".

Le peuple suisse donne alors raison au Conseil fédéral et aux Chambres fédérales en approuvant ce concept avec la votation populaire du 27 septembre 1992. En février 1994 le peuple – contre l'avis, cette fois, du Conseil fédéral et du Parlement – renchérit dans cette direction en approuvant l'Initiative des Alpes, une initiative constitutionnelle qui interdit la construction de toute nouvelle route alpine et demande la "mise sur rail" de tout transport routier de frontière à frontière.

C'est indéniablement trop tant aux yeux de la Commission européenne que pour une politique suisse qui avait déjà tout donné avec l'accord du transit (1991) négocié, d'ailleurs, dans le contexte de l'Espace Economique Européen (EEE), tombé en votation populaire le 6 décembre 1992. Dès le commencement des négociations bilatérales – qui après 4 ans ne sont pas encore terminées en ce printemps 1998 – on s'aperçoit que la Suisse n'a plus grand chose à offrir. La stratégie du transit que nous venons de rappeler - née à la fin des années '80, au sommet du court cycle de vie de la grande relance des transports collectifs (Rail 2000) – devait alors apparaître aux yeux des négociateurs bien lourde et inconsistante ! Les politiciens – fort de la tradition de manque de transparence de l'administration – sont peu conscients des difficultés et le temps du calvaire pour la politique des transports commence. Dans les faits, c'est la fin de l'hypothèse historique de la vocation de la Suisse pour le transit, basée sur des prémisses économiques fort favorables et sur une approbation escomptée de la part de nos voisins.

2.2 Le renouveau de la stratégie du transit ferroviaire marchandises dans le contexte hostile de la fin des années '90 et à la lumière de l'objectif environnemental

La stratégie de la politique du transit de la Suisse se trouve, au milieu des années '90, dans une double impasse, intérieure mais aussi extérieure.

Au niveau interne l'impasse se matérialise avec les polémiques au sein même du Conseil fédéral et ensuite avec l'aveu de l'incapacité de la Suisse de financer les nouveaux investissements ferroviaires à raison de trois-quarts par le marché financier et un quart seulement par le budget publique¹¹. C'est exactement l'inverse que propose le message concernant la réalisation et le financement de l'infrastructure des transports publics¹² ce qui requiert à nouveau la consultation du peuple lors de deux redoutables votations populaires qui nous attendent d'ici l'hiver 1998/99.

Si ce renversement dans les modalités de financement est techniquement explicable par la baisse des recettes (et la perte de la rente de situation de la Suisse) la solution ne pourra tout simplement pas être trouvée que dans une nouvelle ingénierie financière. Le Conseil Fédéral a d'abord proposé et obtenu de faire appel à une taxation supplémentaire des automobilistes et des consommateurs (part sur l'essence et TVA majorée de 0,1 %) ainsi qu'à l'introduction d'une taxation des camions en fonction du poids et du kilométrage correspondante en pratique à une justification des nouveaux investissements axée sur l'objectif environnemental. La Redevance sur le trafic des poids lourds liée aux prestations (RPLP) qui s'élèvera jusqu'à 3 cts par tonne/kilomètre donnera lieu à un paiement de presque un demi milliard de la part des camions étrangers mais pour le reste (deux-tiers) sera aussi prélevée sur le marché intérieur. D'autre part, l'article constitutionnel transitoire (art. 23 lettre g) voulu par le Parlement (proposition Ratti à partir de sa motion du 20 décembre 1995, déjà acceptée comme postulat par le Conseil Fédéral) permet le recours éventuel à un financement de tiers (des privés et des organisations internationales), faisant ainsi appel à un engagement des forces de marché et à l'objectif économique.

Au niveau extérieur l'impasse est encore plus grande. L'opposition manifestée déjà au niveau des Ministres des transports de l'UE à l'accord de compromis signé entre le commissaire européen aux transports Kinnock et le conseiller fédéral Leuenberger le 23 janvier 1998 à Klotten démontre clairement les déficits existants encore en matière de stratégie et de politique des transports ainsi que, dans le cas spécifique, un manque de politique cohérente pour toute la région de l'Arc Alpin.

Les résultats des négociations d'après l'accord Kinnock-Leuenberger du 23.1.1998

- accès réciproque au marché des transports routiers et ferroviaires; politique cordonnée des transports;
- fiscalité au plus tôt à partir du 1.7.1999 et jusqu'en 2001: forfait journalier pour les camions de 28t: dorénavant 40 francs (cela correspond au doublement de la redevance poids lourd forfaitaire actuelle);
- limite de poids et fiscalité à partir de 2001: dès 2001 limite des 34 tonnes et pour ce qui concerne la fiscalité: 205 fr. (Euro 0¹³); 172 fr. (Euro 1); 145 fr. (Euro 2);
- limite de poids et fiscalité à partir de 2005: dès 2005 limite des 40 tonnes et pour ce qui concerne la fiscalité: moyenne pondérée 200 Ecus (entre 325 et 330 fr.), tarif des camions les plus polluants 380Fr. au maximum, tarifs des camions les plus propres environ 280 fr., part de la TTA (Taxe sur le Transit Alpin) dans le tarif global: 15% au maximum/reste: RPLP (Redevance sur le trafic des poids lourds liée aux prestations);
- Contingents des 40 tonnes (1999-2004): 1999/2000, 120'000 trajets en transit et dans le trafic d'importation et d'exportation. Prix de 180 fr. pour le transit / 70 fr. pour les importations et les exportations (aller et retour); 2001/2002, 200'000 trajets en transit et dans le trafic d'importation et d'exportation. Prix (transit Bâle-Chiasso): 280 fr. (Euro 0), 235 fr. (Euro 1), 198 fr. (Euro 2); 2003/2004, 300'000 trajets en transit et dans le trafic d'importation et d'exportation. Prix (transit Bâle-Chiasso): 334 fr. (Euro 0), 280 fr. (Euro 1), 236 fr. (Euro 2);
- Contingents des courses à vide (2001-2004): 120'000 autorisations par année pour les courses à vide en transit à travers les Alpes, au prix de 75 fr. l'unité;
- Clause de sauvegarde unilatérale (à partir de 2005): la Suisse peut augmenter la fiscalité de 12,5% au maximum pendant 2 à 6 mois. Conditions: offre ferroviaire suffisante du point de vue qualitatif; mais trafic combiné utilisé à moins de 66% pendant 10 semaines; difficultés dans le flux du trafic;
- Interdiction de circuler la nuit: reste en vigueur de 22h à 5h;
- "Grand cabotage": les transporteurs suisses pourront participer à une zone de trafic élargie à au moins deux pays de l'UE (par exemple un camion suisse exécute un transport du pays UE A au pays UE B);
- Trafic aérien: 2 années après l'entrée en vigueur de l'accord: 5ème liberté (cabotage dit de corresponsance: un avion part d'un pays A, fait un atterrissage intermédiaire dans le pays B pour prendre des passagers destinés au pays C). Deux années après l'entrée en vigueur: 7ème liberté (vol intérieur UE: une compagnie aérienne du pays A effectue des vols entre le pays B et le pays C). Cinq années après l'entrée en vigueur de l'accord: négociations sur la 8ème liberté (une compagnie aérienne du pays A effectue des vols entre des destinations situées à l'intérieur du pays B).

Cela n'est pas une nouveauté depuis que la Commission a été jugée défaillante par sa Cour de Justice en 1985 pour ne pas avoir rempli son devoir vis-à-vis d'une politique européenne des transports; ce qui préoccupe et génère l'impasse c'est la contradiction entre les intentions déclarées dans le "livre vert" de 1995¹⁴ et les directives du "livre blanc" de 1996¹⁵ sur la politique commune des transports: les premières prévoient explicitement une taxation incluant les coûts externes ainsi qu'un traitement adéquat pour la région alpine; le livre blanc se limite au contraire à une taxation prévoyant la couverture des seuls coûts d'infrastructure. Lors des négociations bilatérales la Suisse semble bien avoir de bonne foi (un consultant suisse avait participé à l'élaboration du livre vert) commis l'erreur de croire pouvoir déjà s'aligner sur les intentions tandis que les négociateurs de l'Union (allemands, italiens et néerlandais en particulier) ont exigé l'application stricte des directives.

Pour sortir de l'impasse – et à condition que le peuple le suive lors des deux nouvelles votations populaires sur la taxe poids lourds liée aux prestations et sur le financement des grandes infrastructures ferroviaires – le Conseil fédéral prévoit une stratégie en trois piliers:

- tout d'abord, le chemin de fer doit augmenter sa productivité: par exemple, la vitesse moyenne d'un train marchandises en Europe est de 20 km/h et doit être relevée à 60 km/h. La libéralisation des chemins de fer décrite au chapitre 2 devrait porter ses fruits. A ce propos on peut citer la création d'une nouvelle société (Cargo Schweiz Italien GmbH) dans le contexte d'une joint venture entre les CFF et les FS (Ferrovie Statali italiane) pour améliorer le service de transport marchandises à travers les Alpes et améliorer leur position dans le marché international;
- ensuite, l'introduction progressive de la taxation poids lourds en Suisse (n'oublions pas

que toute comparaison doit tenir compte de la situation actuelle de quasi non-taxation – 25 fr. par voyage – par rapport à la situation dans d'autres pays) reste absolument essentielle pour garantir un avenir du chemin de fer. Si une étude belge¹⁶ démontre que sans taxation le transit ferroviaire suisse tomberait à zéro, d'autre part il est en revanche inimaginable que l'infrastructure routière (et le citoyen) suisse puisse supporter un tel bouleversement de la répartition modale et de la répartition sur les différents itinéraires à travers les Alpes;

- enfin, la Suisse est disposée à poursuivre sa politique de soutien et promotion du transport combiné. Actuellement la Confédération subside annuellement de façon indirecte en raison de 115 Mio. (année 1996¹⁷) ce type de transport. Pour le futur on prévoit d'augmenter ce soutien financier jusqu'à 200 Mio. de frs par année afin de favoriser le transport par chemins de fer.

Considérations finales

À la veille du XXI^{ème} siècle - et malgré l'histoire à succès de la ligne ferroviaire du Saint Gothard - le projet Alptransit ne cesse de nous interroger sur les raisons profondes de ces investissements (presque 12 milliards de francs pour les tunnels de base du Lötschberg et du St. Gothard).

Pourquoi aménager une nouvelle ligne ?

- pour maintenir ou sauver l'épine dorsale traditionnelle de notre entreprise ferroviaire nationale ?
- pour des motivations de politique intérieure et de politique de sauvegarde de l'environnement ?
- pour servir, à des conditions à déterminer, des intérêts économiques et commerciaux européens?

En abordant la question des les années soixante dans une optique strictement nationale et dépendante des contingences d'économie d'entreprise on a pendant longtemps mal posé le problème et perdu du temps précieux. Certes, dès la deuxième moitié des années quatre-vingt les motivations de politique intérieure et environnementale ont relancé les nouvelles transversales; mais malgré les décisions du parlement et du peuple suisse le succès de celles-ci et de la politique du transfert du trafic marchandises de la route au rail semble bien être conditionné par une politique européenne intégrée des transport qui a pendant longtemps fait défaut et qui a causés de graves distorsions dans l'actuelle répartition modale des flux de transport marchandises à travers les Alpes.

Le bilan des recherches en ce domaine fait état d'études excessivement "intra muros", c.-à-d. dominées par les nécessités de l'administration et donc par des expertises ad hoc trop axées sur les urgences politiques. Un défaut sérieux qui doit encore être corrigé par la mise en place, après le programme nationale de recherche PNR, d'un véritable centre de gravité ou réseau de recherche sur la mobilité, les transports, les communications et le développement durable de la région de l'arc alpin. Le nouvel enjeu concerne en effet l'Arc alpin dans son entier tandis que les difficultés sont non seulement liées à la non adhésion de la Suisse à l'Union. Dans le cas spécifique l'impasse de notre politique est aussi le miroir de maints problèmes ouverts au niveau des politiques communautaires.

Contributo

Galleria di Base del San Gottardo Progetto della parte meridionale

Giovanni Lombardi

Ing. ETH, Studio d'ingegneria Lombardi SA, Via Simen 19, 6648 Minusio

1. Introduzione

Stando alle decisioni confermate dalla votazione popolare del 27.9.1992 è prevista per l'attraversamento delle Alpi con i treni ad alta velocità una impostazione detta a rete (*Fig. 1*). Essenzialmente questo sistema prevede una linea di attraversamento del massiccio del Gottardo ed un'altra attraverso il Lötschberg e il Sempione. Non v'è dubbio, che detta decisione politica s'inquadra in un ambiente euforico che non trova riscontro nell'attuale situazione economica del paese. Di fatto, le decisioni in merito alla priorità da dare all'una o all'altra tratta, e anzi all'una o l'altra opera nella stessa tratta, l'eventuale suddivisione in tappe realizzative, le date d'inizio dei lavori e oltre a ciò la definizione del sistema di finanziamento, sono ancora oggetto di discussioni a volte appassionate.

La seguente presentazione si riferisce unicamente alla galleria di base che è l'opera centrale di tutta la linea del San Gottardo. Essa è limitata, almeno per ora, a Nord a Arth-Goldau e a Sud a Lugano.

2. La galleria di base del San Gottardo

Le prime idee e i primi schizzi su una galleria di base del San Gottardo risalgono a prima della seconda guerra mondiale.

L'ing. Gruner di Basilea aveva persino proposto una galleria d'enorme sezione suscettibile di accogliere la via ferroviaria e la strada, oltre a dare spazio anche a linee ad alta tensione.

Con le conclusioni della commissione di studio istituita nel 1960 per la "realizzazione di un attraversamento sicuro in inverno attraverso le Alpi" i due intenti: quello stradale e quello ferroviario sono stati separati.

La galleria stradale del San Gottardo di 17 km di lunghezza, situata a quota 1100 ca. sul livello del mare, è stata costruita dal 1968 al 1980. Da allora ha convogliato ca. 90 milioni di veicoli.

La linea ferroviaria del San Gottardo, con la sua galleria Airolo-Göschenen di 15 km era stata messa in servizio circa un secolo prima, nel 1882 più esattamente. Sul tratto che interessa la galleria di base; ovvero da Bodio a Erstfeld, la linea ferroviaria attuale comporta una lunghezza di 88 km e deve superare un dislivello di ca. 770 m. Con una galleria base il percorso potrebbe essere ridotto a 57 km e il dislivello a ca. 160 m (*Fig. 2*).

Sembrava che i lavori di costruzione di una tale galleria potessero iniziare già negli anni settanta. Poi, a causa della crisi petrolifera, essi furono rimandati. Tuttavia da quell'epoca in poi numerosi studi e anche importanti lavori di sondaggio sono stati realizzati.

Sulla base di precedenti studi è ovviamente stato allestito un primo avanprogetto, al quale ha

fatto seguito un progetto di pubblicazione e il progetto definitivo detto anche di costruzione. Questi studi hanno portato al tracciato indicato in pianta e che comporta due chiare incurvazioni, dettate ovviamente da considerazioni geologiche. Di fatto, due zone geologicamente delicate e difficili sono note; esse riguardano le formazioni scistose del Reno Anteriore che verranno attraversate nella regione di Sedrun e più a Sud la zona detta della Piora, di cui si parlerà più in dettaglio successivamente. Questa zona di rocce triassiche segue su di un lungo tratto l'asse delle Alpi, in particolare tra Airolo e Olivone.

Attualmente sono in elaborazione i documenti di appalto, che permetteranno alle imprese di presentare le loro offerte per i singoli lotti, nei quali tutta l'opera è suddivisa per l'esecuzione.

Sebbene preventivi di costo e tempi di realizzazione siano il risultato di lunghi, intensi e dettagliati studi, essi possono essere anteposti ad ulteriori descrizioni allo scopo di inquadrare il problema.

Sulla base dei prezzi 1995, i costi sono valutati nell'ordine di 6.7 miliardi di franchi, mentre i tempi di costruzione sono stimati in 11 anni, a partire dall'inizio dei lavori principali.

La Fig. 3, che riassume il programma di costruzione e mette in evidenza, con la pendenza delle linee di avanzamento, le due già menzionate zone di più difficile e lenta realizzazione.

3. Parte meridionale

Sebbene il progetto sia stato ovviamente concepito per la totalità dell'opera, si farà maggiormente riferimento in seguito, alla tratta meridionale, in quanto il suo studio è stato affidato al nostro consorzio d'ingegneria (*).

Con riferimento al profilo longitudinale generale dell'opera rappresentato nella Fig. 4 si può osservare che la parte meridionale comprende le tratte di Bodio, Faido e Sedrun, per una lunghezza totale di 37.6 km, della galleria di ca. 57 km. Comprende anche le due zone geologicamente le più delicate già menzionate: quella del Reno Anteriore che fa parte della tratta di Sedrun e quella della Piora compresa nella tratta di Faido.

La lunghezza dell'opera, le particolarità geologiche della stessa e i tempi relativamente ristretti per la sua realizzazione impongono la creazione di due accessi intermedi: l'uno con pozzo verticale di 800 m a Sedrun, l'altro con rampa inclinata di 2'651 m a Faido.

Partendo da Sud possiamo riassumere le condizioni geologiche dicendo che per l'essenziale

- la tratta di Bodio di 16.6 km verrà scavata negli gneiss delle falde penniniche, i cosiddetti gneiss della Leventina;
- la tratta di Faido di 15.1 km, accessibile dalla corrispondente finestra inclinata, comporterà un ultimo tratto di gneiss penninici, attraverserà la zona dei gneiss del Lucomagno e la zona della Piora, di cui si dirà successivamente, per entrare nel massiccio del San Gottardo che si estende praticamente fino al limite del lotto;
- il lotto intermedio di Sedrun interessa un tratto di 5.9 km che comporta la zona delicata e complessa del Reno Anteriore. Si tratta essenzialmente di rocce scistose metamorfiche di mediocri proprietà geotecniche.

* Consorzio d'Ingegneri per la Galleria Base del San Gottardo, Parte meridionale, composta da Elektrowatt Engineering a Zurigo, Lombardi SA Ingegneri Consulenti a Minusio e Amberg Studio d'Ingegneria a Regensdorf-Watt.

- Pro memoria, le due ultime tratte a Nord: quella di Amsteg di 11.7 km e quella di Erstfeld di ca. 7.4 km, interessano essenzialmente il massiccio granitico dell'Aar nel quale s'inseriscono alcune zone di maggiore scistosità.

Siccome il pozzo di Sedrun si trova sulla via critica del progetto, i lavori di costruzione della galleria di accesso alla testa di questo pozzo, con la camera superiore al pozzo e la galleria di ventilazione, nonché il pozzo verticale stesso e l'impianto di sollevamento tra la camera superiore e la galleria di base sono stati assegnati. La galleria di accesso è già terminata, mentre le opere alla testa del pozzo sono tuttora in fase di costruzione.

Dal punto di vista idrogeologico solo la zona della Piora presenta una situazione particolare. Sul resto del tracciato le condizioni idrogeologiche potrebbero essere considerate come mediamente normali.

Da quando è avvenuto l'ormai famoso caso della diga di Zeuzier in Vallese, dove a seguito dell'avanzamento di un cunicolo di sondaggio si è prodotto un importante assestamento del massiccio roccioso con conseguenti notevoli danni alla diga, il problema dell'abbassamento della falda - sia durante i lavori di costruzione sia in forma permanente - ha assunto una particolare importanza.

Sopra la galleria o nelle sue immediate vicinanze si trovano

- la diga a gravità del Ritom, di proprietà delle stesse Ferrovie Federali, committente della linea ferroviaria del San Gottardo e dunque della galleria di base, nonché
- le tre dighe ad arco di Santa Maria, Nalps e Curnera, di proprietà della Società delle Forze Motrici della Svizzera Orientale.

Parallelamente all'allestimento del progetto sono perciò in corso speciali studi che devono permettere di valutare appunto l'influenza di un abbassamento della falda sugli assestamenti in superficie, e di conseguenza sulla sicurezza delle dighe cui si è accennato. Non si entrerà in questo argomento che meriterebbe indubbiamente un esame più approfondito.

Allo scopo di evitare ogni rischio per la sicurezza delle dighe si accetta, se del caso, di impermeabilizzare, le tratte della galleria con prevedibili maggiori infiltrazioni di acque e dunque potenzialmente più suscettibili di causare gli assestamenti di cui si è detto. Inoltre, particolari sistemi di controllo del comportamento delle dighe sono previsti e saranno installati prima dell'inizio dei lavori di scavo del tratto di galleria corrispondente.

In merito all'abbassamento della falda a seguito della costruzione della galleria sono stati espressi timori certamente ben intenzionati a protezione dell'ambiente, ma - a nostro punto di vista - perfettamente infondati.

L'abbassamento della falda può difatti avere un impatto sull'ambiente ovvero sulla vegetazione, solo se allo stato naturale si trova a debole profondità sotto la zona direttamente interessata dalla vegetazione.

Se però già allo stato normale, come p.es. nel caso specifico della Piora, detta falda si situa notevolmente al disotto della superficie del terreno, un suo ulteriore abbassamento, come dimostrato anche dal caso della diga di Zeuzier, non può incidere in nessun modo sulla vegetazione, ossia sull'ambiente.

Sarebbe d'altronde interessante verificare se tra le centinaia o migliaia di gallerie costruite in Svizzera, e meglio ancora in Europa, si siano mai prodotti dei casi di danni all'ambiente per abbassamento della pressione idrostatica a livello dell'opera. Sarebbe perciò auspicabile che un tale esame statistico venga intrapreso da una qualificata associazione scientifica internazionale.

4. Caratteristiche del progetto

Contrariamente a decisioni prese su altre tratte, è stato deciso di realizzare, per la gallerie di base del San Gottardo, due fornici a via unica. Nella *Fig. 5* si mostra il profilo trasversale tipico di una di queste gallerie.

L'interasse tra i due fornici sarà variabile anche a dipendenza delle condizioni geologiche. Di regola sarà compreso da 40 m e 70 m.

Beninteso l'opera non consisterà unicamente nei due unici fornici di cui si è detto, ma comporterà numerosi altri elementi che si distinguono schematicamente sulla *Fig. 6*. Tra questi notiamo, oltre alla finestra d'accesso inclinata di Faido e al pozzo verticale di attacco di Sedrun, anche i collegamenti tra le due gallerie a distanze di ca. 310 m (*Fig. 7*), ma soprattutto le due stazioni a funzioni multiple installate al piede degli accessi di Faido e di Sedrun. In queste stazioni sono previste anche possibilità di scambio da un binario all'altro, all'ovvio scopo di poter procedere alla manutenzione di ogni singola tratta - ossia di circa un terzo della galleria - senza dover interrompere il traffico.

Inoltre, in queste stazioni sono disposti rifugi per le persone ed esiste la possibilità di raggiungere una via di scampo in caso d'incidente, ad esempio di un incendio. Non è possibile tuttavia, nell'ambito della presente descrizione, entrare maggiormente nel dettaglio di queste opere.

Una particolarità del progetto è inoltre il cunicolo di 3.2 km previsto nell'ambito della tratta di Bodio per il trasporto alla discarica della Buzza di Biasca della parte di marino non riutilizzabile per la confezione dei calcestruzzi.

La Buzza di Biasca è difatti un'enorme frana caduta nel cinquecento il cui materiale roccioso è stato abbondantemente utilizzato per la costruzione dei rilevati dell'autostrada lungo la valle del Ticino. Con l'apporto del marino della galleria ferroviaria si potrà ricostruire - almeno parzialmente - la topografia iniziale della suddetta Buzza di Biasca (*Fig. 8*).

5. Organizzazione degli scavi

Dopo l'esame di numerose varianti, in considerazione delle condizioni geotecniche e del ristretto programma di costruzione, sono stati scelti i seguenti fronti di attacco e metodi di avanzamento. Il tratto di 5.9 km al piede del pozzo di Sedrun sarà scavato con metodi tradizionali a causa, in particolare, delle condizioni geotecniche che lasciano prevedere notevoli convergenze dovute a coperture dell'ordine di 1000 m e alle limitate resistenze al taglio congenite alle formazioni scistose di cui si è detto. Tutte le altre tratte dovrebbero invece essere scavate con frese meccaniche in parallelo nei due fornici; così pure per le due tratte della parte Nord. Nella parte meridionale un avanzamento avrà luogo a partire dal piede dell'accesso intermedio di Faido e un altro a partire dal fronte di scavo di Bodio.

Quest'ultima tratta presenta una particolarità nel senso che nell'asse dell'uno dei due fornici verrà scavato un cunicolo pilota il cui scopo è il trasporto per via sotterranea del marino del lotto di Faido, evitando con ciò di dover asportare questo materiale passando dalla galleria inclinata di accesso, trasportarlo per strada attraversando l'agglomerato di Biasca per depositarlo finalmente, come già detto, nella discarica della Buzza di Biasca (*Fig. 9*).

Non si ritiene che gli avanzamenti nei tratti dove sono previste le frese meccaniche debbano presentare difficoltà maggiori di quelle normalmente incontrate in rocce di questo tipo e ben risolte

in numerose altre opere simili, mentre ovviamente singole difficoltà localizzate non possono essere escluse a priori. Più delicata è la zona di rocce metamorfiche del lotto di Sedrun dove sarà inevitabile stabilizzare i fronti di scavo per mezzo di ancoraggi, non certo nell'intento di impedire ogni convergenza ma di limitarne l'entità e specialmente di garantire la stabilità del fronte a favore dell'incolumità degli addetti allo scavo.

6. La zona della Piora

L'attraversamento della zona della Piora è sempre stata la preoccupazione maggiore degli progettisti della Galleria Base.

Che esso fosse inevitabile era risaputo da sempre. Quale fosse però l'esatta consistenza di questa zona, quale profondità la cosiddetta sacca potesse raggiungere e quale lo spessore da dover eventualmente attraversare a livello della galleria ferroviaria erano domande che finora potevano essere solo oggetto di speculazioni geologiche. Consci dell'importanza del problema, i progettisti hanno perciò proposto e il committente ha accettato la realizzazione di un notevole lavoro d'indagine conosciuto sotto il nome di "Sistema di Sondaggio della Piora". Si trattava di esplorare la sacca della Piora con metodi adeguati onde chiarirne definitivamente le caratteristiche.

Negli anni settanta una perforazione verticale a partire dalla zona del passo del Lucomagno non aveva dato risultati utilizzabili per il progetto. Un'indagine attendibile poteva aver luogo unicamente con perforazioni orizzontali, meglio ancora con un cunicolo che si avvicinasse a questa zona.

Siccome la stessa si trova a circa 22 km dal portale Sud, non era pensabile procedere a delle indagini partendo da questo punto. Si è perciò proposto la realizzazione di un cunicolo di circa 5.5 km a partire dalla valle del Ticino a Polmengo, in vicinanza di Faido, ma ad una quota di circa 350 m superiore. La *Fig. 10* indica l'andamento di questo sistema.

Il cunicolo è stato scavato per mezzo di una fresa meccanica e ha permesso di ottenere ulteriori informazioni sulle zone gneissiche attraversate. Dall'estremità del cunicolo sono state lanciate dapprima diverse perforazioni orizzontali e suborizzontali. Le condizioni di perforazione erano tutt'altro che semplici, in quanto ci si trova in presenza di una colonna d'acqua di 1'000 m circa, e in quanto si dovevano perforare zone di dolomia saccharoide. Una perforazione di sondaggio ha attraversato tutta la zona e dimostrato che in questo luogo e alla quota del cunicolo lo spessore della sacca della Piora supera leggermente i 200 m.

Parallelamente all'esecuzione di ulteriori sondaggi inclinati con lo scopo di determinare l'andamento planimetrico e altimetrico della zona della Piora, è stato realizzato un sistema di cunicoli alla stessa quota di quello già menzionato (*Fig. 11*). A partire da una camera, formata nell'ambito di questo sistema, era previsto di scavare un pozzo di circa 360 m di profondità fino a quota della futura galleria ferroviaria. Scopo di questo pozzo era oltre che permettere una migliore indagine sulla zona della Piora di determinare il punto più favorevole per il suo attraversamento. Successivamente avrebbe permesso di procedere alle prove di drenaggio e di iniezione in quanto fossero risultate necessarie.

Scopo principale dell'accesso così creato sarebbe però stato quello del trattamento della zona della Piora, in anticipo sui lavori di costruzione, affinché questo intervento, ritenuto gravoso, non venisse ad incidere sul programma generale di realizzazione. In altre parole, la zona della Piora doveva essere stata trattata in modo opportuno al momento in cui il fronte di scavo proveniente da Faido - dopo aver realizzato la finestra di attacco in discesa e avanzato per circa 5 km - sarebbe arrivato a questa zona.

7. I risultati dei sondaggi

In base ai risultati dei primi fori di sondaggio orizzontali e suborizzontali, terminati nella primavera del 1997, sono iniziati in aprile 1997 i lavori di scavo del sistema dei cunicoli alla quota di Polmengo.

Parallelamente furono iniziate anche perforazioni di sondaggio inclinate. Già il primo foro (Bs 4.2; *Fig. 12*) che ha attraversato tutta la sacca della Piora nell'autunno del 1997, ha dimostrato che a livelli inferiori la sacca della Piora risulta composta da rocce dolomitiche/anidritiche compatte senza alcuna presenza di acqua.

Gli ulteriori fori di sondaggio inclinati attraverso la sacca della Piora, più o meno a livello della futura galleria di base, hanno confermato questo risultato. Gli aspetti geologici dei sondaggi sono dettagliatamente descritti nella presentazione del Geologo Rinaldo Volpers.

Terminato l'ultimo foro inclinato verso fine marzo 1998 si è potuto così decidere di interrompere definitivamente i lavori al sistema dei cunicoli e di rinunciare pure alla costruzione del pozzo verticale inizialmente previsto. Questa decisione era già stata presa, seppur in forma provvisoria, verso la fine del 1997, prima di aver terminato tutti i fori di sondaggio inclinati.

8. Attraversamento della zona della Piora

I risultati delle perforazioni e delle prove di laboratorio effettuate su campioni di rocce dolomitiche/anidritiche dimostrano che l'attraversamento della sacca della Piora non presenterà difficoltà particolari. I 120 a 160 m di rocce triassiche potranno essere scavate con mezzi usuali.

Prima di conoscere il risultato dei fori di sondaggio inclinati, in base alle conoscenze ricavate dalle perforazioni orizzontali e suborizzontali a livello del cunicolo di sondaggio, studi approfonditi erano stati condotti per dimostrare la fattibilità della costruzione della galleria di base qualora le condizioni fossero state molto difficili, cioè in presenza di dolomia saccharoide e di alte pressioni d'acqua. Mediante estesi lavori di drenaggio e d'iniezione si prevedeva di migliorare le condizioni naturali in modo da poter garantire la costruzione della galleria. Ovviamente questi interventi avrebbero comportato notevoli aumenti dei costi come pure dei tempi di costruzione.

9. Conclusione

La descrizione del progetto della galleria di base del San Gottardo e anche della sola parte meridionale avrebbe meritato di essere più approfondita.

Va comunque sottolineato il fatto che le previsioni attuali per l'attraversamento della sacca della Piora rispetto a quelle di un anno fa sono completamente cambiate. Invece di trovarsi in una situazione molto difficile con la presenza di dolomie saccharoidi e alte pressioni d'acqua, le quattro perforazioni inclinate hanno messo in evidenza condizioni del tutto normali per la realizzazione della galleria di base, cioè rocce triassiche compatte e asciutte.

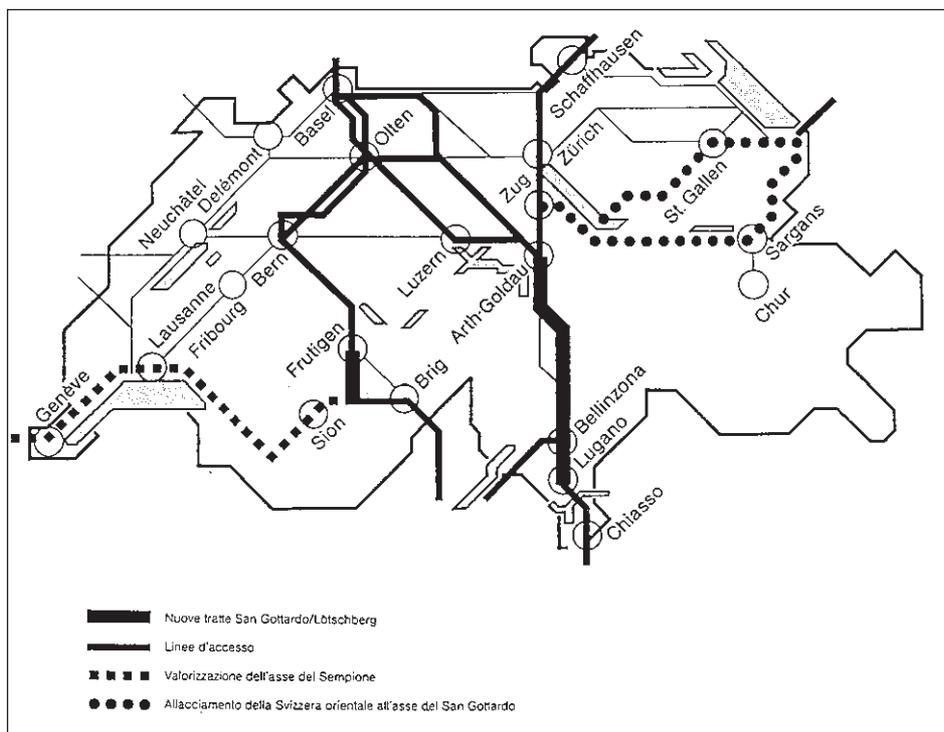


Fig. 1 Rete ferroviaria di Alptransit



Fig.2 Tracciato della galleria di base

Programma di lavoro generale GBG avanzamento scavo meccanico

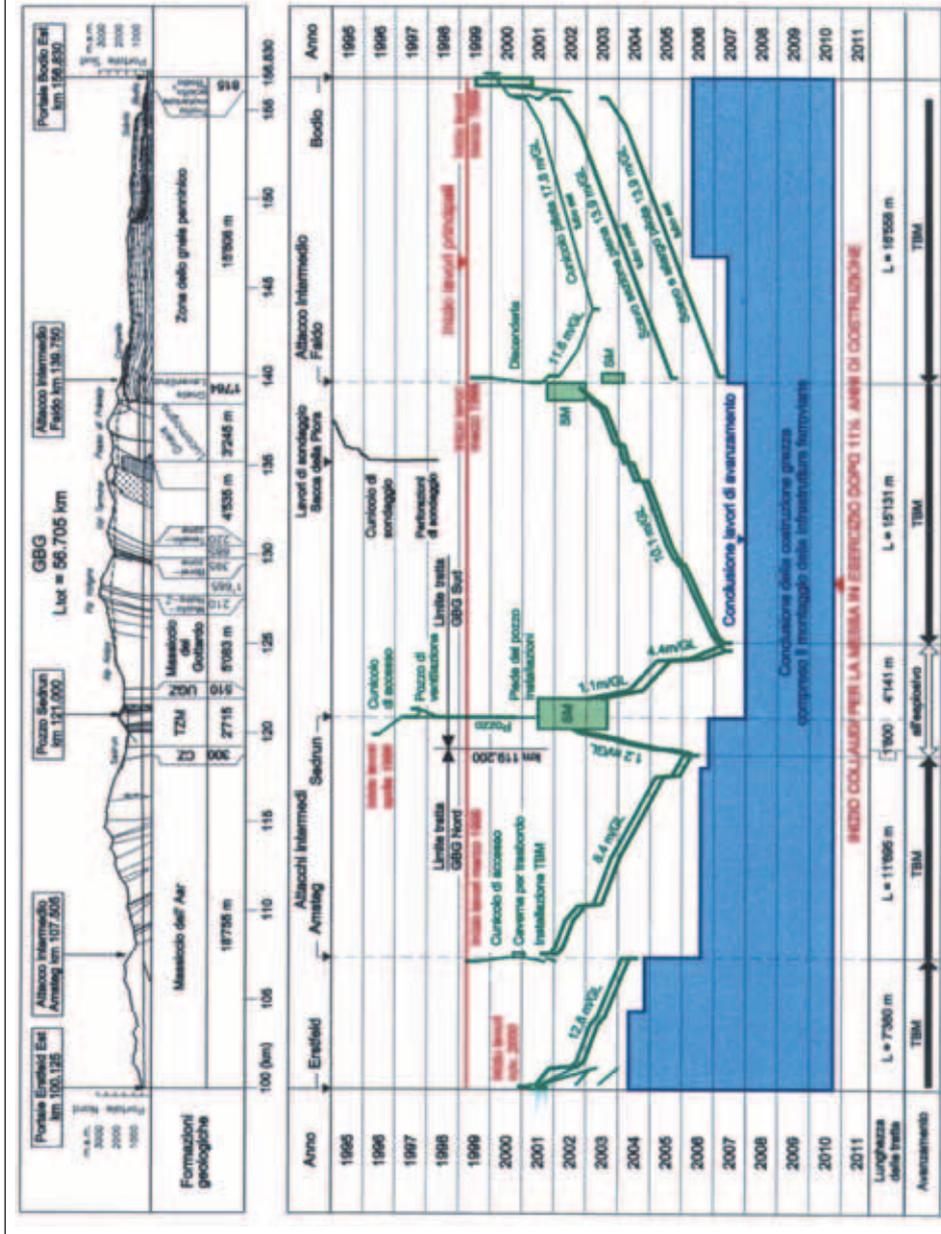


Fig. 3 Programma generale dei lavori (Stato 1997)

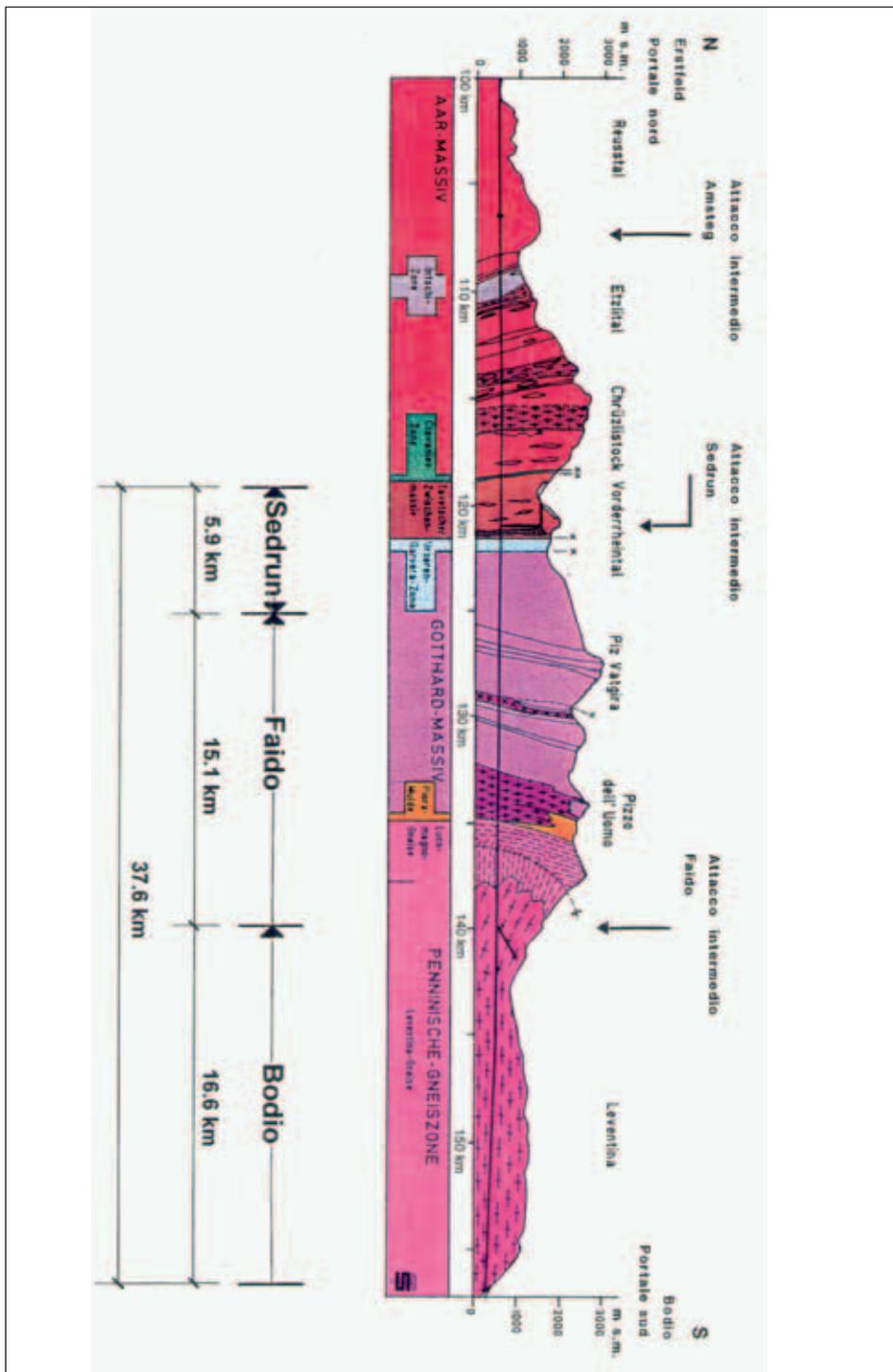


Fig. 4 Profilo geologico generale

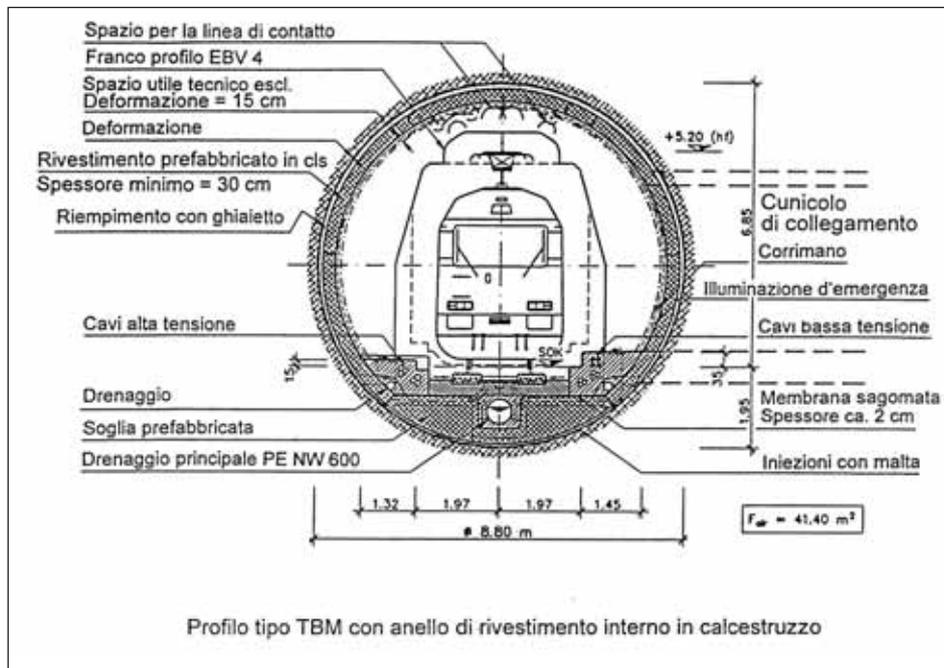


Fig. 5 Sezione tipo di un fornice

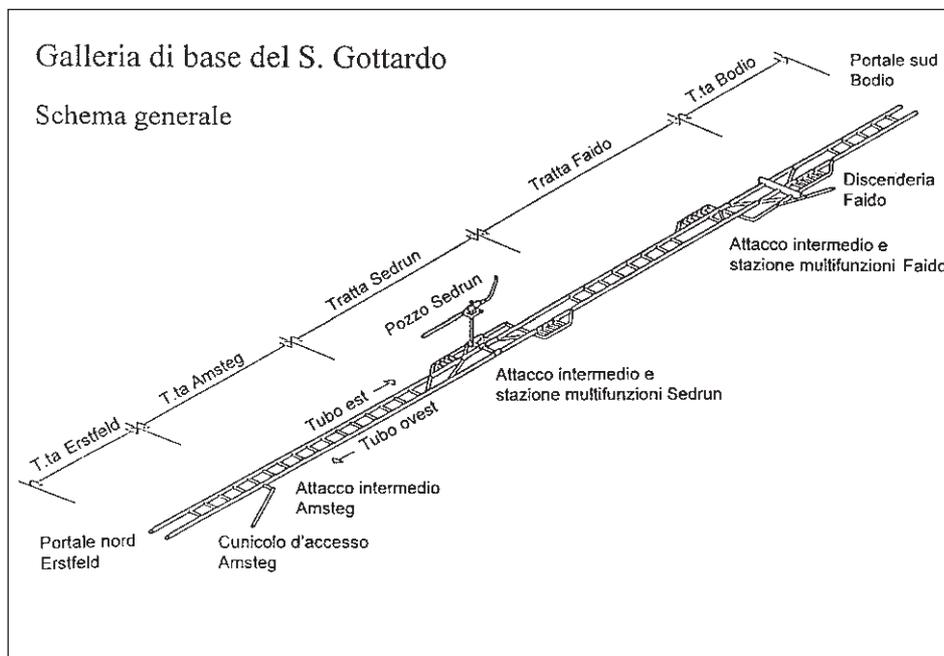


Fig. 6 Schema generale galleria di base

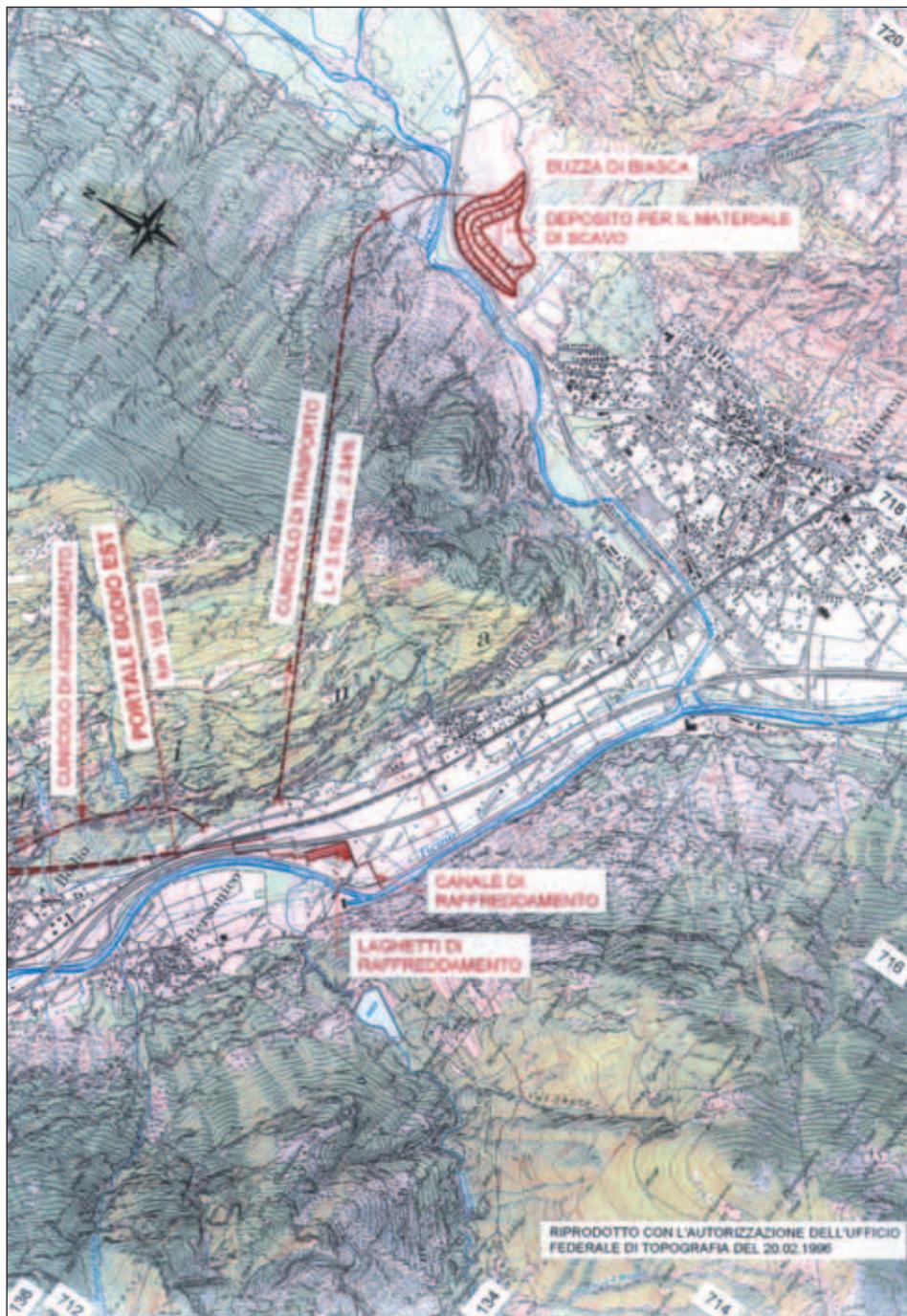
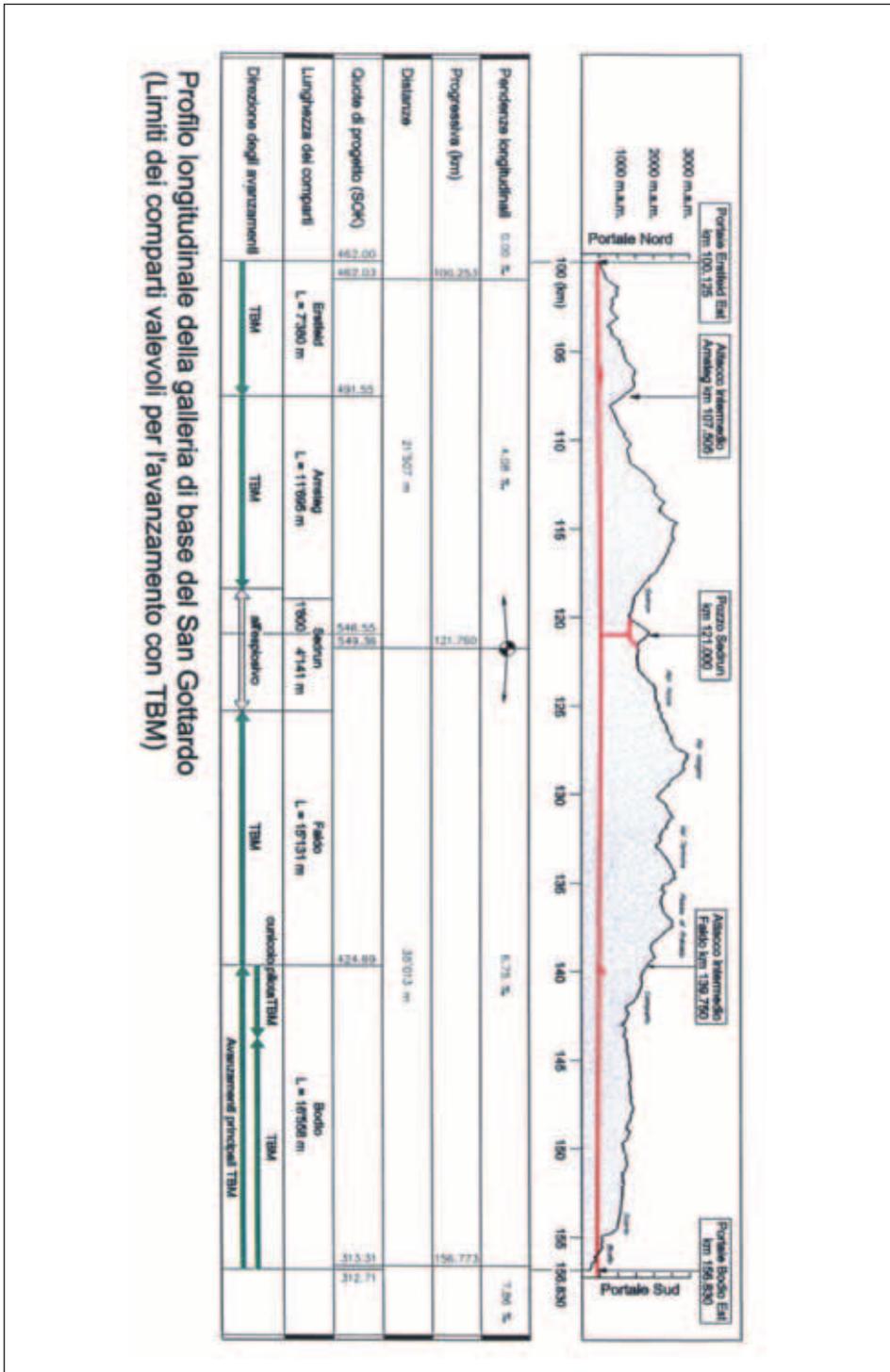


Fig. 8 Cunicolo di trasporto da Bodio alla Buzza di Biasca



**Profilo longitudinale della galleria di base del San Gottardo
(Limiti dei comparti vavevoli per l'avanzamento con TBM)**

Fig. 9 Tratti di scavo

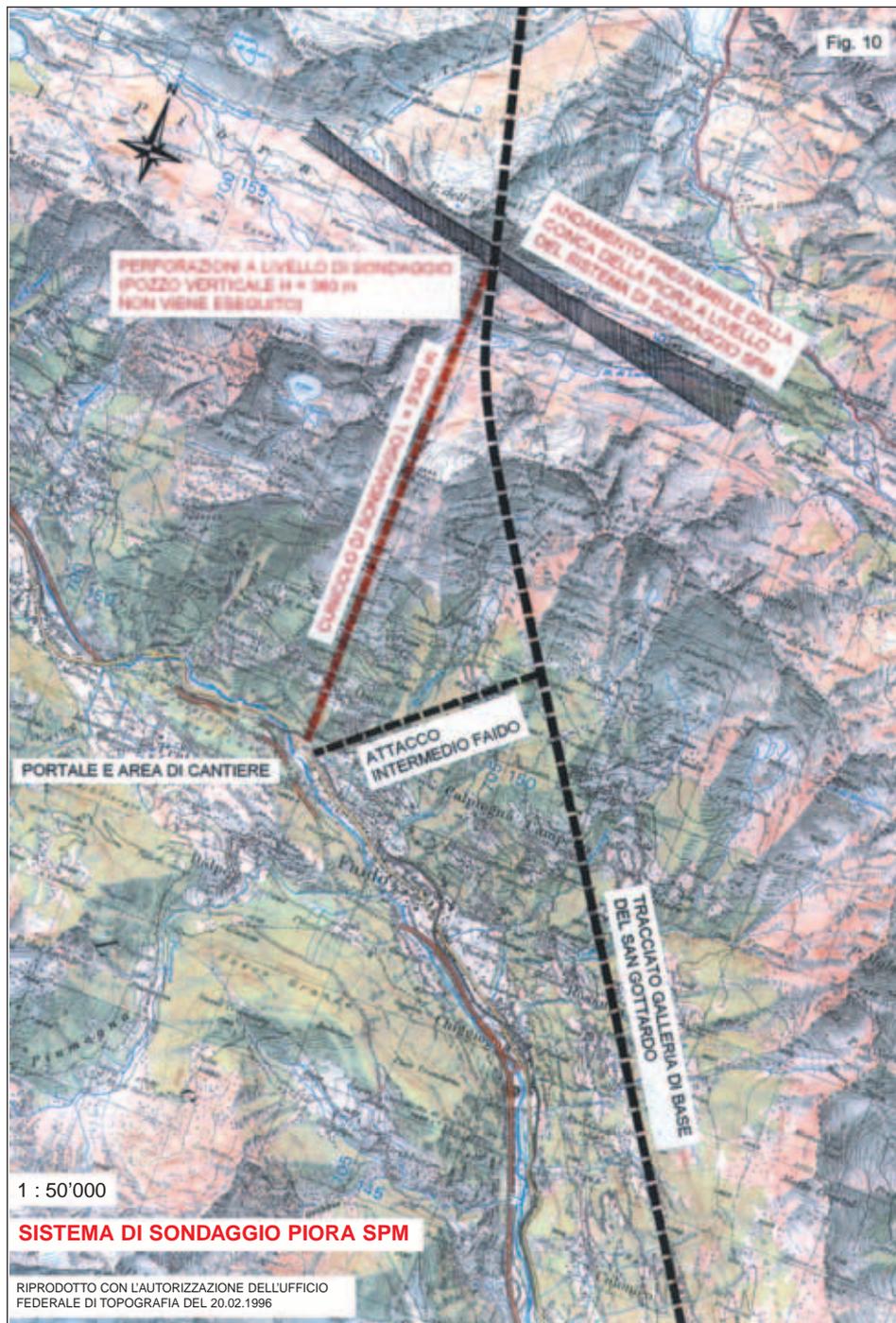


Fig. 10 Sistema di sondaggio della Piora

Contributo

La geologia della Galleria di Base del San Gottardo un caso speciale: la sacca della Piora

Rinaldo Volpers

Geologo ETH, 6763 Osco

Rielaborazione aggiornata in collaborazione con la Direzione di progetto AlpTransit S.Gottardo di un articolo apparso su Rivista Tecnica N. 9-10 / 1997

1. Premessa

La galleria di base del San Gottardo, la cui lunghezza, tra il portale nord di Erstfeld e quello sud a Bodio, è di circa 57 Km, attraversa tre maggiori complessi cristallini:

- il massiccio dell'Aar a nord,
- il "massiccio" del Gottardo nella parte centrale, e
- la zona penninica a sud.

Secondo le conoscenze acquisite recentemente sulla struttura delle Alpi centrali, il "massiccio" del Gottardo e la zona penninica apparrebbero ad un unico "complesso cristallino subpenninico". Questi tre massicci hanno ricevuto le loro caratteristiche attuali in un'era prealpina, verso i 240-380 milioni di anni fa. Queste rocce hanno subito diverse metamorfosi con aumenti di temperatura e pressione in fasi successive, e sono rappresentate soprattutto da gneiss accompagnati da massicci granitici intrusivi. Questi due tipi di roccia sono poi stati trasformati durante l'orogenesi alpina verso i 25-65 milioni di anni fa.

Intercalati tra questi massicci troviamo differenti tipi di roccia di età diversa :

- il cristallino antico del massiccio intermedio di Tavetsch, che è stato compresso ed in parte inghiottito tra i massicci dell'Aar e del Gottardo.
- la zona di Intschi del massiccio dell'Aar, di età carbonifera, formata da rocce vulcaniche e accompagnata da sedimenti successivamente metamorfizzati e tettonizzati in età alpina.
- i residui della copertura sedimentaria dei complessi cristallini, suddivisibili in:
 - zona di Clavaniev
 - zona di Urseren-Garvera
 - sacca dello Scopi
 - sacca della Piora.

La zona di Disentis è rappresentata, lungo il tracciato della galleria di base del San Gottardo, da una zona di disturbo (cataclasi), per cui è stata ribattezzata zona di Clavaniev.

Della zona della Piora ci occuperemo in dettaglio più avanti nella presentazione.

I complessi cristallini presentati sopra hanno un andamento da ovest/sud-ovest verso est/nord-est, per cui saranno attraversati quasi perpendicolarmente dalla Galleria di Base del San Gottardo.

Questa disposizione degli strati rocciosi é tecnicamente la piú favorevole per l'avanzamento dello scavo, comporta però lo svantaggio che eventuali zone di disturbo o geologicamente difficili non potranno essere evitate completamente.

Osservando il profilo geologico longitudinale della galleria (*vedi testo Dr. Lombardi e Fig. 1*), si nota che nei primi 30 Km a nord gli strati giacciono in posizione da subverticale a verticale. Questa disposizione, congiunta alla morfologia del terreno, permette un'estrapolazione dei dati di superficie verso il livello della galleria. La geologia della galleria può essere dedotta, per lunghi tratti, da quella di superficie.

Sondaggi esplorativi sono stati effettuati solo laddove la presenza di detriti o materiale morenico schermano la geologia presente. Ciò si é verificato nella parte settentrionale del massiccio dell'Aar. La geologia presente é stata indagata con l'ausilio di tre sondaggi obliqui, profondi alcune centinaia di metri.

Le previsioni geologiche si basano quindi sull'affidabilità dell'estrapolazione in profondità delle informazioni di superficie. Che una metodologia di questo tipo sia fattibile e realistica, viene confermata dall'esperienza raccolta durante la costruzione della galleria ferroviaria e di quella autostradale del San Gottardo, dalla galleria della Furka, come pure dai numerosi cunicoli idroelettrici scavati nelle Alpi centrali.

Nella parte meridionale del tracciato, gli strati geologici giacciono in posizione suborizzontale, per cui l'estrapolazione dei dati geologici in profondità non é possibile. In questo settore, già negli anni 70, sono stati effettuati due sondaggi profondi, uno nella Biaschina e l'altro a Chiggiogna. Ricerche sismiche effettuate a partire dal 1987 hanno completato il profilo geologico fino al portale sud di Bodio.

2. La sacca della Piora

Prima dell'esecuzione dell'estesa campagna di prospezione (cunicolo di sondaggio), la sacca della Piora rappresentava una doppia incognita per lo scavo della Galleria di base del San Gottardo. Sconosciuti della „sacca“ erano i parametri geometrici (la sua estensione in profondità e il suo spessore) e quelli geologici/geotecnici, cioè le caratteristiche della roccia che avrebbero dovuto affrontare i costruttori.

2.1 Le difficoltà legate alle previsioni geologiche

La principale difficoltà diagnostica nell'ambito della sacca della Piora era dovuta all'impossibilità, in questo caso particolare, di estrapolare i dati di superficie per ottenere le informazioni in profondità che non erano conosciute. Si prospettavano tre possibilità:

- la sacca separa profondamente il "massiccio" del Gottardo dalla zona penninica, e quindi

Situation des Sondierstollens im Längsprofil des Gotthard-Basistunnels

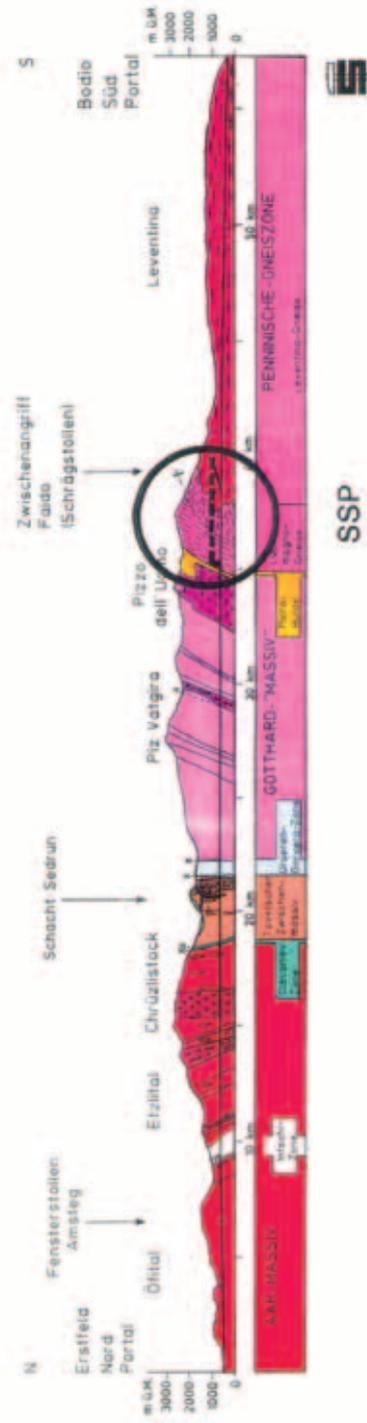


Fig. 1

- raggiunge il livello della galleria,
- la sacca è una piega secondaria superficiale, e quindi non raggiunge il livello della galleria,
 - la sacca si presenta in una posizione intermedia rispetto ai primi due casi, ed è formata in massima parte da una zona tettonizzata accompagnata da rocce sedimentarie, tra cui la dolomia saccaroide.

Una difficoltà ulteriore consisteva nel fatto che nella zona di passaggio della galleria di base, la copertura rocciosa è di circa 2'000 metri, per cui sondaggi profondi sarebbero stati costosi e situati in ambiente alpino ostile. Per avere un minimo di informazioni, si sarebbe comunque dovuto effettuare numerosi sondaggi. Ciò malgrado, fatto determinante, non sarebbe stato possibile ottenere dei campioni di roccia di qualità, per poterne verificare le caratteristiche geotecniche in laboratorio.

Per questi motivi si è rinunciato a questo tipo di indagine geologica. Inoltre, a causa della verticalità degli strati rocciosi, e la mancanza quindi di uno strato „riflettore“, anche l'impiego della sismica non ha dato risultati soddisfacenti.

Si può perciò affermare che con i metodi tradizionali di ricerca geologica e geofisica, risultava impossibile determinare la geometria della sacca della Piora.

2.2 Gli aspetti tecnico costruttivi

I problemi tecnico costruttivi derivano dal fatto che la dolomia, di età triassica, si può presentare anche nella forma „zuccherina“, quindi non come roccia coerente e stabile, ma come sabbia. In questa forma il contatto granulare è completamente disciolto, e ogni grano di sabbia è un singolo cristallo di dolomite. Si suppone che questo fenomeno sia da correlare con l'intensità della metamorfosi regionale alpina, in quanto questa dolomia zuccherina o saccaroide è presente solo nella parte meridionale delle Alpi centrali.

L'orogenesi alpina ha causato delle differenti dilatazioni termiche dei minerali di dolomite, per cui questa si è sfaldata e si è dissociata nei singoli cristalli di dolomite. La conseguenza più appariscente è il notevole aumento della porosità, che può raggiungere il 30%. Questa porosità favorisce un'elevata saturazione in acqua, e considerando la copertura, la pressione idraulica avrebbe potuto raggiungere i 150 bar.

Se nello scavo della galleria si fosse incontrato la dolomia nella forma saccaroide, il costruttore avrebbe dovuto affrontarne il fenomeno della liquefazione. Sotto forma di fiumi fangosi, essa irromperebbe nella zona del fronte di scavo della galleria. L'attraversamento di questa massa liquefatta comporterebbe notevoli difficoltà tecniche, come già sono state riscontrate in altri cunicoli o gallerie scavate nelle Alpi centrali :

- il cunicolo della Garegna, per gli impianti idroelettrici del Ritom
- il cunicolo di Val Campo, per la Blenio SA
- il cunicolo del Gries, per il gasdotto transalpino.

Nell'ambito della progettazione, il Consorzio Ingegneri Galleria di Base del San Gottardo ed il Gruppo di lavoro sulle tecniche sotterranee di costruzione, hanno effettuato uno studio di fat-

tibilità sull'attraversamento della dolomia saccharoide. Il metodo proposto nel caso si fosse affrontato il caso concreto, contemplava l'effettuazione di lavori di drenaggio con riduzione della pressione idraulica, di iniezioni di consolidamento, seguite da un metodo di avanzamento a piccole tappe.

Le altre rocce presenti in questo settore presentano solo difficoltà di ordinaria amministrazione. Si tratta di micascisti, di dolomie, di rocce dolomitico - gessose, di gessi, di anidriti e dolomie quarzitiche e quarziti.

3. Obiettivi del sistema di sondaggio della sacca della Piora

I metodi di prospezione geologici e geofisici tradizionali non garantivano dunque risultati sufficienti. La Direzione di progetto AlpTransit decise perciò nel 1993 di realizzare una estesa campagna di prospezione nota come „Sistema di sondaggio della sacca della Piora“.

La prima fase del sistema consisteva nello scavo del „cunicolo di Polmengo“, accompagnato da una serie di sondaggi profondi a partire dal fondo del cunicolo.

Il cunicolo cieco, lungo ca. 5.5 Km, si estende dall'imbocco a nord di Faido fino alla zona del Passo dell'Uomo, dove si era previsto il possibile incontro con la dolomia della „sacca di Piora“. Per evidenti ragioni di sicurezza (evacuazione dell'acqua per forza gravitazionale) il cunicolo è stato eseguito in salita. Esso viene a trovarsi circa 300 metri sopra l'asse della futura galleria di base, a una profondità, sotto il passo dell'Uomo, di ca. 1'500 metri.

I sondaggi profondi previsti a partire dal suo punto finale, avevano come scopo di individuare la presenza della dolomia e decretarne quindi l'estensione e le caratteristiche.

La seconda fase della campagna di prospezione prevedeva un pozzo verticale onde raggiungere il livello della galleria di base. Da qui si sarebbe tastato di nuovo la presenza della dolomia e poi preparato l'attraversamento. Già si sapeva comunque che lo sviluppo della seconda fase avrebbe dovuto adattarsi ai risultati ottenuti nella prima.

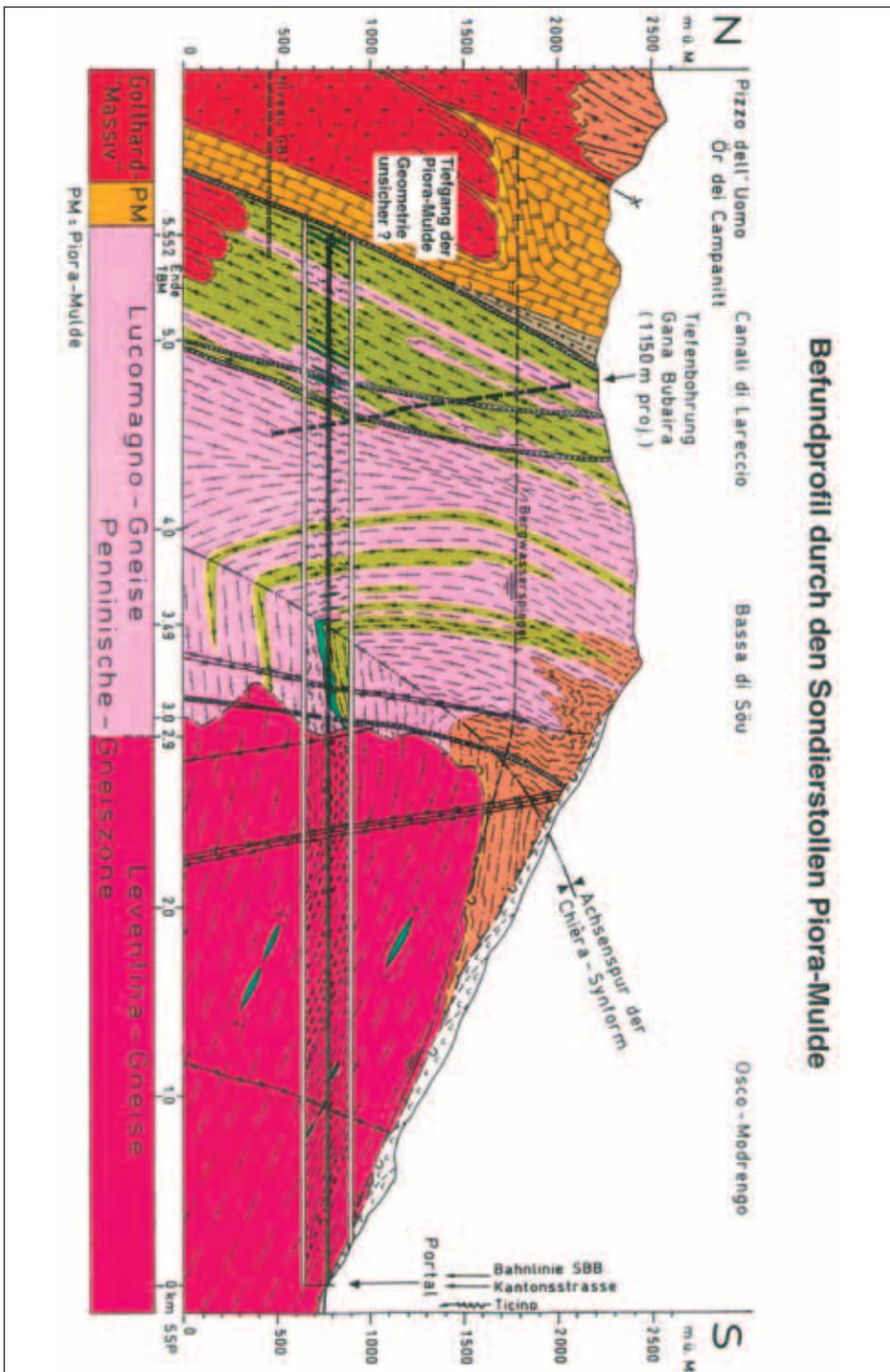


Fig. 2

Il sistema di sondaggio aveva quattro obiettivi principali :

- rilevare la geometria della sacca della Piora, cioè determinarne un modello tettonico valido,
- approfondire le conoscenze geotecniche sulla dolomia saccaroide a grande profondità,
- individuare il passaggio più favorevole per la galleria di base nel caso la sacca della Piora dovesse raggiungere il livello della galleria,
- trattare la zona tecnicamente difficile a partire dal sistema di sondaggio di Polmengo, in sufficiente anticipo sull'avanzamento procedente dall'attacco intermedio di Faido, per non ritardarne i lavori.

Questo ultimo punto costituiva il cardine strategico del sistema di sondaggio.

Infatti in presenza di dolomia saccaroide si sarebbero dovuti calcolare 2 anni per l'attraversamento della sacca stessa. Il sistema di sondaggio, oltre alla prospezione geologica, offriva la possibilità di trattare preventivamente la roccia direttamente sul posto, vantaggio tecnico - costruttivo essenziale per evitare 2 anni di ritardo nella realizzazione della galleria.

Il sistema di sondaggio di Polmengo può quindi essere visto come una appropriata „assicurazione contro i rischi“.

4. I risultati

Lo scavo del cunicolo di sondaggio é iniziato nel 1994, e l'avanzamento é continuato regolarmente e senza difficoltà fino al km 4,8. Qui si sono incontrate due zone kakiritiche dello spessore di 20-25 metri, che hanno richiesto lavori particolari con iniezioni di stabilizzazione al fronte.

Con il fronte d'avanzamento a ca 400 metri dall'obiettivo della sacca della Piora si decideva di far precedere il lavoro di scavo da una perforazione esplorativa.

Lo scopo era di individuare per tempo zone critiche, ed eventualmente segnalare la presenza della sacca della Piora. A partire da una camera laterale l'esplorazione fu eseguita, fino al km 5.25, con un sondaggio orizzontale e parallelo all'asse del cunicolo. In seguito invece i sondaggi esplorativi furono effettuati a partire dalla testa della fresa. Questo sistema detto "Stop and Go" permetteva di tastare il terreno direttamente davanti al fronte di scavo. L'obiettivo era di poter procedere con lo scavo meccanico in sicurezza e il più a lungo possibile.

In tutto fu effettuata una serie di 5 perforazioni di sondaggio, dal km 5,25 al km 5,55. Il 31 marzo 1996 la quinta perforazione intercettava la dolomia saccaroide della Piora (*Fig. 2*).

A questo punto si erano ottenute due prime risposte importanti:

- la sacca della Piora raggiunge il livello del cunicolo di sondaggio
- la dolomia saccaroide é presente fino a questo livello.

La fresa meccanica fu evacuata e si iniziarono le perforazioni di sondaggio profonde a partire dal fondo del cunicolo. Da queste perforazioni si attendevano risposte definitive sulla geometria della sacca della Piora, sulla sua composizione petrografica e sulla presenza di acqua e quindi di pressione idrostatica.

Nel mese di gennaio 1997 la perforazione Bo 1.3 di una lunghezza di 288,5 metri, attraversa-

va orizzontalmente tutta la Piora al livello del cunicolo di sondaggio (300 m sopra la futura galleria di base) raggiungendo il massiccio del San Gottardo. Lo spessore attraversato, sedimenti sottoforma di dolomia, era di circa 248 metri. Esso era costituito in parte da sedimenti coerenti intercalati da lenti di dolomia saccaroide ed evaporiti con presenza di acqua in pressione, a 100 bar.

La situazione riscontrata al livello del cunicolo di sondaggio, in particolare gli interrogativi ormai concreti suscitati dalla presenza della dolomia saccaroide, spingevano la Direzione di progetto a precisare rapidamente la strategia della seconda fase di intervento e a metterla in atto:

- realizzazione di un nuovo cunicolo „laboratorio“ a livello del cunicolo di sondaggio, parallelo al contatto geologico con la sacca di Piora, da cui effettuare delle prove geotecniche e costruttive per ottimizzare le scelte della metodologia di attraversamento della dolomia saccaroide.
- inizio dello scavo del pozzo che avrebbe dovuto portare alla profondità della futura galleria di base.

Contemporaneamente all'inizio di questa seconda fase venivano proseguite le perforazioni di sondaggio profonde, in modo da ottenere il massimo di informazioni sulla geometria della Piora al livello della galleria di base (Fig. 3).

Furono eseguiti 5 fori inclinati verso il basso con un angolo iniziale tra i 30 ed i 40°. Quattro di questi fori attraversavano la sacca della Piora parallelamente all'asse della galleria di base sopra, sotto e a fianco di essa, raggiungendo una lunghezza variabile tra i 562 ed i 1073 metri (Fig. 4).

I risultati furono piuttosto sorprendenti e oltremodo positivi. Essi mostravano sì la presenza della conca della Piora al livello della galleria di base, ma con una composizione petrografica perfettamente rassicurante: contrariamente a quanto constatato a livello del cunicolo di sondaggio, la dolomia si presentava in forma compatta in alternanza con anidrite (circa 50-50%), con l'assenza totale di acqua in pressione come pure di dolomia saccaroide.

La dolomia compatta e l'anidrite sono rocce il cui scavo può essere affrontato con procedimenti normali di costruzione per gallerie. Una preparazione anticipata della zona della sacca di Piora come prevista nel concetto iniziale non si rendeva quindi più necessaria.

La Direzione di progetto AlpTransit, avendo ottenuto risposta a tutti i punti interrogativi, decise nell'estate del 1998 di interrompere la seconda fase del sistema di sondaggio e di chiudere definitivamente il cantiere di Polmengo, rinunciando tra l'altro allo scavo del pozzo verticale.

A dire il vero una domanda restava ancora aperta, ma di carattere prettamente scientifico. Perché questa differenza nell'aspetto della dolomia tra il livello del cunicolo e quello della galleria, separati da soli 300 m di profondità? Della accesa e più che trentennale „querelle“ sulla sacca di Piora rimane dunque ai geologi una coda benigna e oltremodo stimolante.

Attualmente gli esperti forniscono la seguente spiegazione del fenomeno: la dolomia saccaroide si forma in seguito alla dissoluzione, sotto l'azione dell'acqua di circolazione, della componente anidritica del complesso dolomia / anidrite.

L'acqua può però circolare solo fino alla profondità servita da un emissario. Al di sotto di questo livello, mancando lo „scarico“, l'acqua ristagna e l'anidrite non viene sciolta. Sul fondo del sistema di circolazione inoltre il gesso che si dissocia dall'acqua sedimenta e forma una coppa sul complesso dolomia / anidrite che lo isola, impedendo la continuazione del fenomeno (Fig. 5).

Ai geologi spetta comunque ancora un compito impegnativo: aiutare i costruttori a tradurre nella pratica i risultati ottenuti con la prospezione della Piora. Beninteso ciò sarà possibile quando il popolo svizzero avrà dato il via ai lavori approvandone il finanziamento.

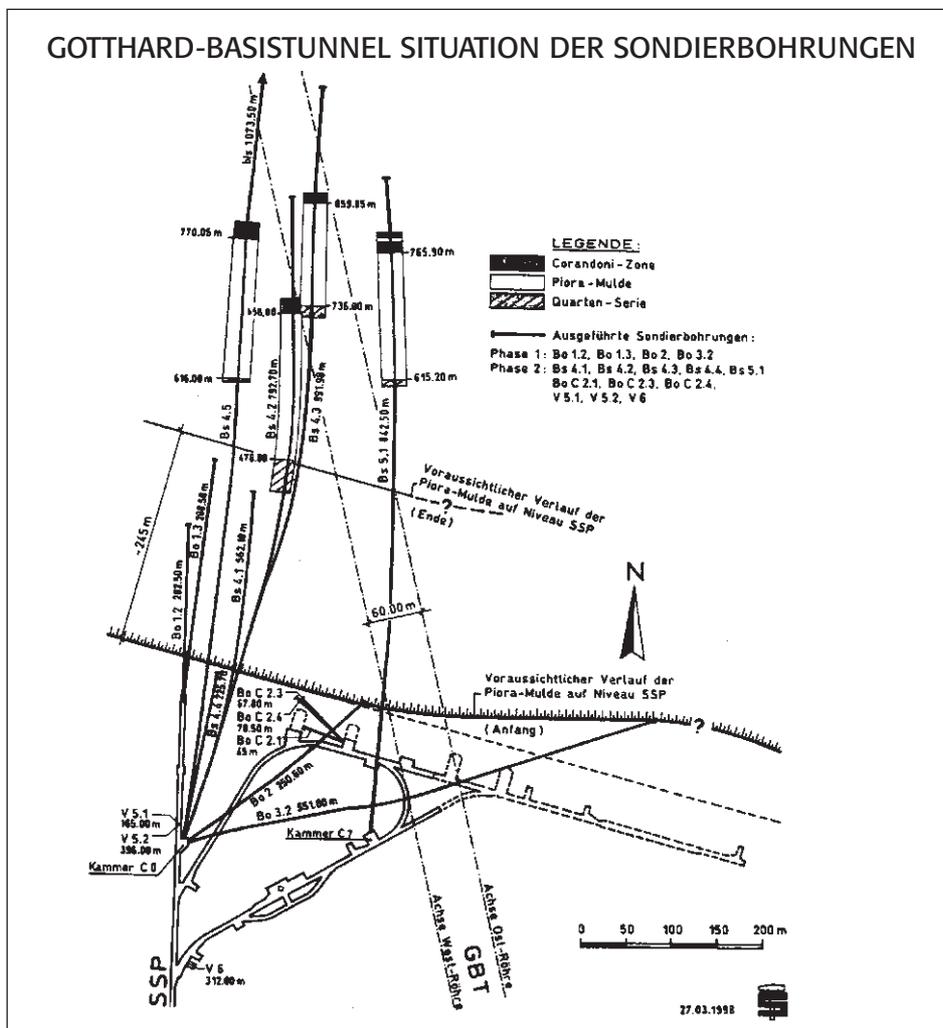


Fig. 3

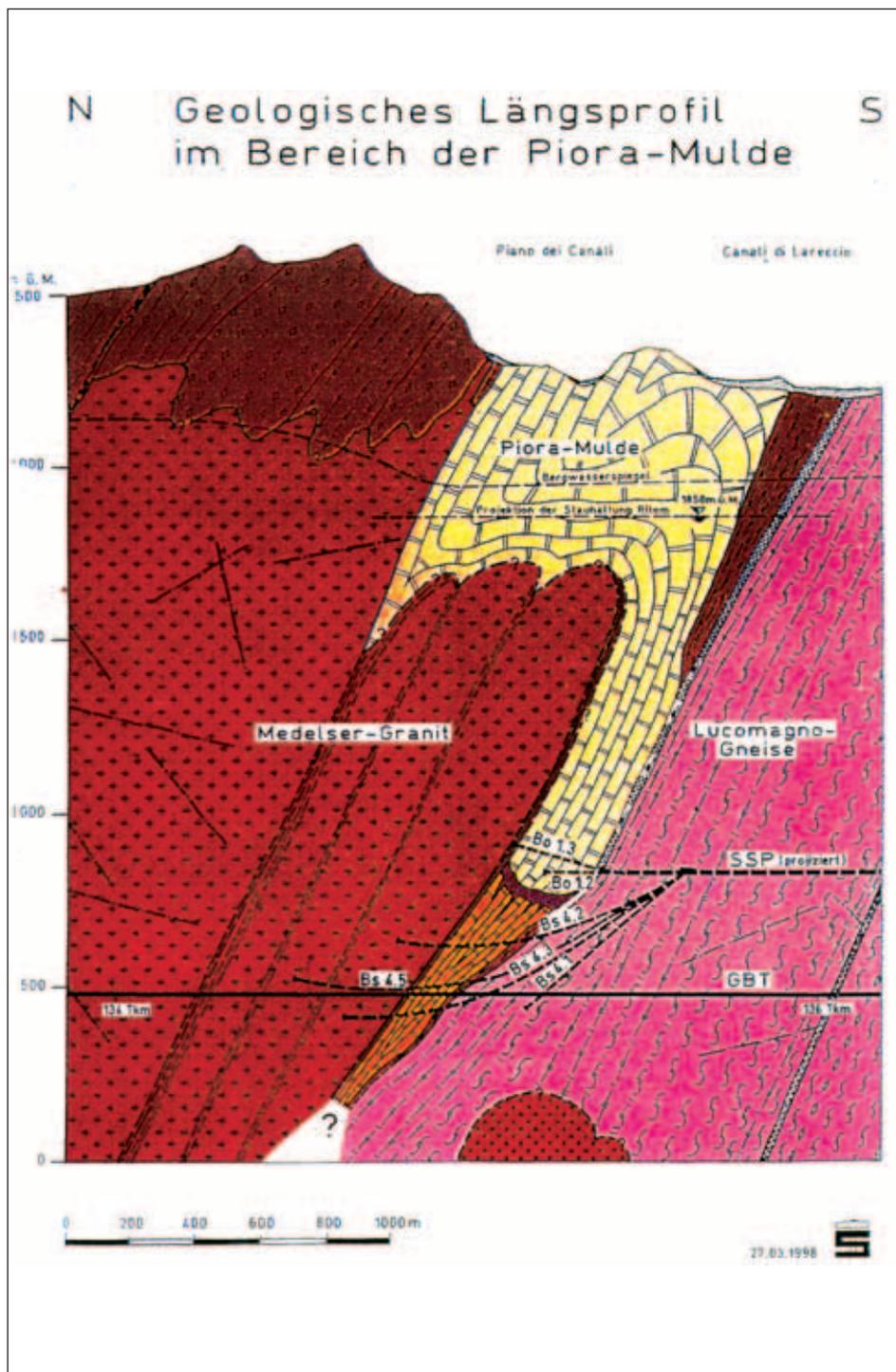


Fig. 5

L'importanza del San Gottardo nel progresso delle scienze

***Contributi presentati nell'ambito del colloquio patrocinato
dalla Società Svizzera per la Storia della Medicina e delle
Scienze Naturali***

Avant propos

Marino Buscaglia et Raffaele Peduzzi

De grandes barrières montagneuses, c'est bien connu, barrent le coeur de l'Europe et la divisent, séparant le nord et le sud. Ce sont des obstacles qu'il a fallu vaincre et dans lesquels la circulation des hommes et des marchandises est plus difficile et plus différenciée que dans la plaine. Mais si l'on change d'échelle, si l'on quitte le niveau macro-européen, on s'aperçoit que la spécificité même des lieux de passage les a rendus plus efficaces et en a fait des intermédiaires majeurs des cultures. Bien plus, à l'intérieur de la masse alpine des aires entières se sont remarquablement organisées de façon justement à faciliter les échanges sur le plan local aussi bien qu'à longue distance. Décidément les barrières alpines nous obligent à revoir nos préjugés!

Pour conserver l'unité des relations européennes (impériale, ecclésiastique etc.), il a donc fallu créer des zones stables et sûres, mais aussi des passages en surface et des tunnels en dessous, ce qui a favorisé le développement de quelques régions au détriment des autres, dont on peut dire aussi, paradoxalement, qu'elles ont été protégées. Car il faut impérativement distinguer les événements, les significations et les prises de consciences locales et continentales. C'est que les autochtones existent et que leur identité spécifique est marquée par la nécessité de s'adapter à un milieu souvent inhospitalier. Ils revendiquent souvent le droit de disposer de "leurs montagnes". Ces identités culturelles dues à l'isolement, ainsi que les richesses associées aux passages alpins sont indissociables de l'origine de la Suisse. Les montagnes importent donc pour les gens de plaine presque autant que pour leurs habitants traditionnels. Les passages médiévaux, les grands cols favorables au commerce de la Renaissance se révèlent donc aussi essentiels, sinon plus pour ce petit pays, que toutes les tentations de repli sur un illusoire sanctuaire alpin national.

Objet récent d'un intérêt renouvelé¹, la chaîne des Alpes est souvent apparue aux analystes comme un objet géographique exceptionnel - un peu comme les îles- et qui exige des stratégies spéciales, propres aux interfaces, pour être abordé avec profit. Dans un précédent colloque², nous abordions par le biais de l'histoire des sciences les conséquences pour le développement des disciplines scientifiques du fait d'aborder l'études des Alpes. L'histoire montrait que "l'objet" Alpes n'avait pas laissé les sciences indemnes, mais qu'il les avait au contraire profondément modifiées. Nous reprenons cette approche à propos d'un événement européen mémorable: le percement du premier tunnel du Gothard entre 1872 et 1882.

Un tunnel sous le massif du Saint Gothard, long de près de 15 kilomètres! Ce n'était pas le premier percement du XIXème siècle, mais c'était alors le plus long, un des grands travaux du temps, tel le Canal de Suez. C'était aussi un immense chantier commandité par le Conseil Fédéral, sur lequel travaillait une véritable armée d'ouvriers, sous la houlette d'un grand entrepreneur. Il s'agissait donc d'une entreprise d'intérêt général, mais qui devait rapporter beaucoup d'argent à ceux qui avaient su investir. Il y avait eu un appel d'offre international et c'est au Genevois Louis Favre (1826-1879) qu'avait été confiée la direction des travaux.

Cependant ce projet pharaonique n'était pas simple et fit d'emblée l'objet d'âpres controverses concernant la rétribution des travailleurs, la géologie des lieux, les techniques de forage

inspirées par Jean Daniel Colladon (1802-1893). Il y eut aussi des obstacles imprévus pour l'ingénieur en chef, qui avait pourtant tout calculé, et ces obstacles induisirent des retards qui obligeaient l'entreprise à payer des compensations énormes, d'ailleurs stipulées dans les contrats!

Alors, le grand tunnel qui fera l'admiration de plusieurs générations -parce que, finalement, le percement est remarquablement réussi, parce que les galeries nord et sud se rencontrent bien à l'endroit prévu sous le corps immense et périlleux du gigantesque massif, mais aussi parce que les enjeux économiques et sociaux sont immenses et les significations symboliques fondamentales- se transforme en un Moloch consommateur d'hommes et d'argent, un monstre dont la cruauté n'a d'égale que sa qualité technique et qui tue les ouvriers, allant jusqu'à obtenir finalement et brutalement la peau de l'ingénieur Favre lui-même dans des circonstances mal élucidées.

Un grand succès helvétique à n'en pas douter, mais quel gâchis... L'entreprise prodigieuse s'est métamorphosée en un désordre tragique, déroutant pour les historiens. Doivent-ils rendre compte de la prouesse technique, de sa nature et de ses raisons, devenues une admirable fable dans le grand livre des réalisations nationales? Doivent-ils insister sur l'odieuse inhumanité de l'ingénieur en chef ou sur son intelligence pratique, ou encore sur son courage et son flair de grand investisseur? Doivent-ils se préoccuper des troubles sociaux et de leur tragique répression ou encore des grandes querelles médicales à propos de la maladie du tunnel, la fameuse anémie du Saint Gothard? Car enfin les ouvriers ne faisaient que passer quelque mois dans ce grand chantier fascinant pour aller ensuite mourir lentement chez eux d'une insidieuse maladie tropicale, une ankylostomiase sortie triomphante du ventre chaud de la montagne. C'était surtout des travailleurs piémontais, car les Suisses et même les Uranais et les pourtant solides citoyens d'Airolo (comme les Dotta fromagers à Fontana) qui s'y étaient essayés n'avaient pas résisté à la rigueur des conditions de travail à l'avancement et avaient laissé place libre pour d'autres, plus vigoureux et qui avaient trouvé, dans les salaires du Gothard, l'espoir de sortir des grandes misères de la fin du XIX^{ème} siècle.

Intéressant et troublant aussi pour l'historien de constater le manque de solidarité ouvrière transfrontalière. On sait que les tentatives de résistance à l'exploitation ouvrière furent balayées par une répression sanglante organisée par les petits pouvoirs politiques locaux.

C'est tout cela qui est abordé implicitement par les auteurs de ce colloque, centré sur l'histoire du premier percement du Gothard.

Cependant la perspective n'a pas été simplement de décrire une fois de plus ce qu'on sait de cette histoire, mais bien plutôt de chercher à comprendre en quoi ce tunnel prestigieux a exigé des solutions nouvelles, participant ainsi à modifier les techniques et contribuant au progrès scientifique.

C'est "l'objet tunnel", en ce cas, qui a eu des retombées sur l'activité des hommes et particulièrement sur les sciences et les techniques. Ce que les auteurs ont montré, ce n'est donc pas simplement l'effet des sciences et des techniques sur le percement, mais bien l'effet en retour de l'entreprise prodigieuse sur la pratique des sciences.

Dans ces textes, presque rien n'est dit sur le tunnel lui-même, ni sur la montagne qu'il traverse, puisque l'intérêt se porte sur la description et l'analyse des décisions politiques, techniques, financières et sociales des acteurs historiques, sur les controverses engagées et sur les événements marquants cette grande saga nationale.

L'hypothèse directrice de ce colloque s'est par conséquent fondée sur le postulat que tant l'originalité des troubles sociaux et de leur répression, que la spécificité des techniques de forage innovatrices et que l'établissement de nouvelles connaissances en médecine parasitaire et leurs conséquences pour l'hygiène du travail, viennent précisément de l'originalité et de la dimension du grand projet. Le lecteur jugera si l'hypothèse est confirmée et si ce percement alpin, cette performance technique célébrée, ce gouffre financier et humain aux convulsions tragiques a bien influé sur l'époque autant que l'époque a pesé sur lui! Mais, bien sûr, on l'aura deviné, les concepts et les techniques ont favorisé la performance autant qu'ils ont été modifiés par elle.

Reste également que la leçon porta puisque les conditions des percements ultérieurs et parti-

La maladie des tunnels: l'infestation ankylostomienne

Prof. Dr. biol., Raffaele Peduzzi

Directeur de l'Institut cantonal de bactériologie de Lugano et du Laboratoire d'écologie microbienne de l'Université de Genève

A l'occasion du congrès annuel de l'ASSN 1998 à Airolo - St.Gothard - Piora, la Société Suisse d'Histoire de la Médecine et des Sciences Naturelles (SSHMSN) a voulu dédier un colloque à l'importance des montagnes dans le développement de la science, en particulier aux implications technologiques, médicales et parasitologiques du premier percement du tunnel du St. Gothard.

Ma contribution a pour but de retracer les faits et la signification des acquis scientifiques obtenus sur la maladie des tunnels lors de l' "anémie du St.Gothard", qui s'était propagée à une allure épidémique parmi les mineurs en 1880. Elle est articulée selon les points suivants:

1. Sources, tradition orale et reconstitution des faits
2. Démarche scientifique de l'époque
3. Première controverse sur la nature parasitaire de la "maladie du St.Gothard"
4. Deuxième controverse pharmacologique: extrait de fougère mâle ou Thymol
5. Epidémiologie: comment une maladie tropicale a pu être décrite au coeur des Alpes
6. Enseignement tiré de l'épidémie du St.Gothard
7. Importance en Médecine tropicale

1. Sources et tradition orale

Selon la tradition orale locale d'Airolo: *"les ouvriers avaient ... le sang qui se transformait en eau"* on pensa que pendant la dernière période du percement du tunnel, les ouvriers développèrent une anémie en s'infectant avec l'eau qu'ils buvaient à l'avancement du percement. Suivant cette croyance, nous avons pu retrouver dans la littérature scientifique de l'époque les "prises de dates" et les traces soit politiques (motions au Parlement italien), soit d'opinion publique (presse internationale) de l'événement. Ces données ont été résumées dans une série d'articles (Médecine & Hygiène, British Medical Journal) [19, 20, 21].

Aujourd'hui, de récentes sources scientifiques permettent d'approfondir le sujet et d'apporter de nouveaux éléments sur cette activité de recherche de l'époque qui se révéla très efficace du point de vue clinique et thérapeutique. En outre, il apparaît clairement que les études effectuées lors de l'épidémie permirent de progresser considérablement dans les connaissances de la biologie de l'*Ancylostoma* et de son cycle infectieux ("*Miscellanea Pavesi*", fin du 19^{ème} siècle, Institut Italien d'hydrobiologie de Pallanza).

CANTONE TICINO.

Ospizio sul S. Gottardo. — Da una corrispondenza da Lugano pubblicata nell'*Araldo* di Como, togliamo la seguente notizia:

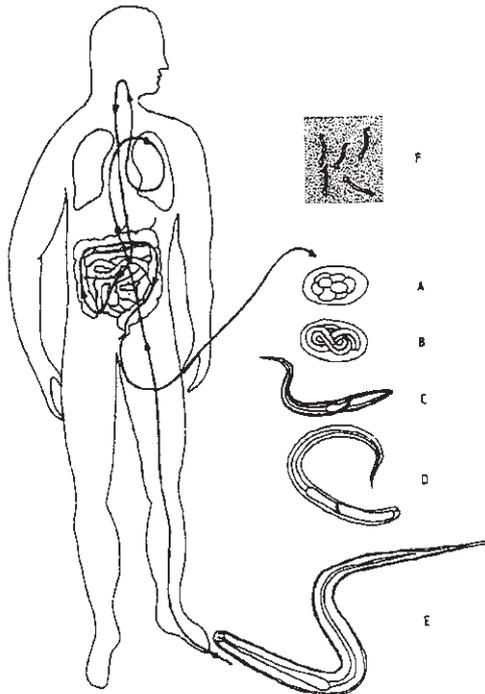
« Essendosi constatato che migliore rimedio per la terribile anemia dei minatori prodotta dall'*Anchylostomum duodenale* sia una cura ricostituente in una stazione alpina, il nostro console a Lugano ed il nostro ambasciatore a Berna hanno organizzato uno speciale ricovero sul passaggio del S. Gottardo a più di duemila m. d'altezza, in locali gentilmente messi a disposizione dal governo ticinese, dove saranno ritirati e nutriti a spese del governo italiano, fino a che siano ben ristabili, i numerosi minatori che ancora popolano gli ospedali delle diverse imprese sulla linea del Gottardo e che presentano quello sfinitimento di forze e quell'aspetto rattristante che vi sarà spesso occorso di constatare ».

Gazzetta Ticinese, 11.05.1882

Dell' Anchylostoma duodenale.

Questo nostro giornale, ed altri, parlarono già della lodevole intenzione del Governo italiano d'organizzare nell'Ospizio del S. Gottardo, messo gentilmente dal Governo ticinese a sua disposizione, una cura ricostituente degli effetti della malattia, prodotta dall'*Anchylostoma duodenale*, che fece e fa tante vittime fra gli operai del tunnel. Mentre tutti applaudono a questa generosa impresa, ci permettiamo di osservare che la cura meramente ricostituente fu oramai riconosciuta vana, poiché non toglie la causa immediata della malattia. Il rimedio efficace fu rinvenuto, e da qualche mese ne parlarono i giornali d'Italia, dal medico condotto di Pisagne sul lago d'Iseo, e consiste nell'uccisione a mezzo di un antelmintico dell'*anchylostoma*, ottenuta in tre o quattro giorni, e susseguita dalla cura ricostituente di circa quindici giorni. Tanto è vero che nell'ospedale di quel Comune furono già da questa egregio medico guariti perfettamente 240 operai affetti del terribile morbo. Ultimamente anche il Municipio di Milano inviò colà un operaio Bonarotti gravemente colpito, che guarì perfettamente in circa 18 giorni. Quindi, perohè lo scopo generoso sia raggiunto, sarebbe forse più opportuno che il Governo italiano si rivolgesse a quel benemerito cultore della scienza, e speriamo anzi, che riconosciuta la grande importanza della sua scoperta, otterrà una ben meritata ricompensa dalla nazione.

Gazzetta Ticinese, 18.05.1882



Cycle biologique d'*Ancylostoma duodenale* et de *Necator americanus*

- A = oeufs d'ankylostome dans les selles
- B = oeufs embryonnés
- C + D = larves rhabditoïdes (L₁, L₂)
- E = larve filariforme infestante (L₃)
- F = ankylostomes adultes fixés à la muqueuse du jéjunum

D'après OMS [17]

RECONSTITUTION DES FAITS

[20] En février 1880 mourait d' "anémie pernicieuse" à l'Hôpital de Turin, un ouvrier italien qui avait travaillé au percement du St.Gothard. Au cours de l'autopsie, le Prof. Perroncito ne découvrit rien d'autre que 1500 ankylostomes dans le duodénum et le jéjunum. Cette observation fit l'objet d'une communication à l'Académie de Médecine de Turin au cours de la séance du 27 février 1880. Moins d'un mois plus tard, le Prof. Perroncito e le Prof. Concato signalaient d'abord à l'Académie de Médecine de Turin puis à l'Académie des Sciences de Paris trois autres cas d'ouvriers du St.Gothard atteints d'anémie grave, dans les selles desquels on avait isolé de nombreux oeufs d'*Ancylostoma*. Les trois ouvriers affirmaient que depuis longtemps des centaines de leurs compagnons de travail dans le tunnel présentaient des symptômes semblables aux leurs. Deux médecins de Turin, les docteurs Bozzolo et Pagliani, se rendirent à Airolo et constatèrent la présence des oeufs du parasite dans les selles de nombreux ouvriers travaillant dans le tunnel.

Toutefois, ils émirent de fortes réserves quant au lien étiologique entre la parasitose et ce qu'ils appelaient une "oligohémie pernicieuse épidémique" à cause de laquelle, comme l'écrivait le Dr. Caglioni d'Airolo, "*partout dans les rues d'Airolo on rencontrait ces tristes figures jaunes qui faisaient mal à voir*". Les racines du mal, les deux médecins les voyaient plutôt dans les déplorable conditions d'hygiène générale, dans la vie privée comme sur les lieux de travail. L'alarme sur le mal mystérieux du St.Gothard fut donnée par quelques journaux italiens, ce qui eut une grande répercussion sur l'opinion publique. Des motions furent présentées au Parlement italien qui se trouva face au problème politique sérieux de garantir aux milliers d'ouvriers italiens qui travaillaient au percement du Gothard des conditions de vie acceptables.

<i>Atti Parlamentari</i>	— 12037 —	<i>Camera dei Deputati</i>
LEGISL. XIV — 1 ^a SESSIONE — DISCUSSIONI — 1 ^a TORNATA DEL 24 GIUGNO 1882		
CCCLXXXIX.		
1^a TORNATA DI SABATO 24 GIUGNO 1882		
PRESIDENZA DEL VICE-PRESIDENTE SPANTIGATI.		

Bizzozzero. D'après les Actes du Parlement italien, Chambre des Députés. Réunion du samedi 24 juin 1882. Interrogation du Député:

"Il sottoscritto desidera interrogare il ministro dell'interno, e quello dei lavori pubblici in proposito ai provvedimenti da prendersi in riguardo ai minatori del Gottardo, che vi contrassero malattie epidemiche, nonchè intorno ai modi di tutelare in futuro la salute degli operai impiegati in congeneri lavori."

... Suit le texte de l'intervention. Répond Depretis, président du Conseil:

"Nel mese di marzo del 1880 pervennero al Governo tristi notizie di una epidemia che infieriva micidiale fra gli operai che lavoravano al traforo del Gottardo. Indirizzatici al Governo federale svizzero, sulle prime ci pareva che quel Governo non ne fosse molto informato. Ma più tardi si è verificato che la malattia epidemica esisteva, e che era l'anchylostoma duodenale o, come altrove fu denominata, "la malattia dei minatori". Il Governo svizzero invitò la Compagnia incaricata della esecuzione del traforo a provvedere in tutti i modi per arrestare il male, per preservarne coloro che ancora non ne erano colpiti. Ma il male ha continuato. La causa principale forse consiste nel metodo adottato per eseguire il traforo; ..."

2. Démarche scientifique de l'époque

Les faits se déroulèrent à l'époque "pasteurienne" en pleine "révolution microbiologique" qui préconisait l'identification avec certitude de la cause spécifique des affections. Les chercheurs piémontais étaient non seulement à l'avant-garde en parasitologie, mais également bien préparés à suivre la démarche scientifique, c'est à dire **la recherche de l'agent, son identification** et son mode de **réinoculation**. De plus, les scientifiques et les médecins cliniciens savaient reconnaître les symptômes de la maladie ainsi que l'agent responsable l'***Ancylostoma duodenale***, qu'il s'agisse des oeufs (détectés dans les selles), des larves ou de la forme adulte (identifiée lors d'autopsies effectuées sur des ouvriers du Gothard qui décédaient d' "anémie pernicieuse" à l'Hôpital de Turin, Clinica Medica dell'Università). Perroncito fit très probablement des essais de transmission des Ankylostomes et des Anguillules par voie digestive, puisque dans la préface de la réédition de ses ouvrages en 1910, il remercia le roi d'Italie (Umberto I) de lui avoir fourni des singes qu'il put utiliser pour inoculer des larves d'*Ancylostoma* par voie orale [27].

3. Première controverse sur la nature parasitaire de la "maladie du St. Gothard"

Les parasitologues italiens étaient très en avance, puisqu'en 1838 ce fut A.Dubini qui découvrit l'*Ancylostoma* chez une paysanne du Milanais [8]. En 1878, B.Grassi fit des publications sur des cas endémiques d'ankylostomiase [9], tandis qu'en 1879 Concato et Bizzozero, médecins cliniciens, après avoir visité des ouvriers ayant travaillé au percement du Gothard et étant rentrés malades en Italie (car inaptes au travail), stimulèrent l'intérêt de Perroncito, professeur de parasitologie à l'Université de Turin [6]. De leur côté, Giaccone et Fodéré, médecins de l'entreprise Favre à Airolo et à Göschenen, confirmèrent que des centaines d'ouvriers présentaient les mêmes symptômes. Ils étaient sur place, mais n'avaient aucun moyen d'investigation analytique. En particulier ils ne disposaient pas de microscope pour détecter les oeufs dans les selles des malades.

Après la parution des premières publications scientifiques à Paris et à Londres, le Dr. Lombard, désigné comme expert de l'entreprise Favre, réfuta la nature parasitaire de la maladie et parla de "cachexie des montagnes". De même, dans les rapports officiels de l'entreprise Favre et du Conseil fédéral suisse aux pays participant financièrement au percement (Italie, Allemagne), ce problème sanitaire ne fut jamais soulevé.

A partir de l'année 1880, la polémique entre défenseurs et adversaires de l'origine parasitaire se fit de plus en plus âpre. Lombard, dans la séance du 13 mai 1880 de la Société Physique et Histoire Naturelle de Genève [14], affirma: *"Après ces articles (publiés par Concato e Perroncito) que l'on peut hardiment taxer d'exagération examinons les faits et recherchons les causes qui ont contribué à développer l'anémie chez les ouvriers occupés au percement du Gothard"*. Ainsi, en voulant réfuter et apporter des preuves contraires, Lombard illustra les conditions qui permettaient dans le tunnel l'accomplissement du cycle du parasite et donna ainsi une description détaillée des conditions de **température** et d'**humidité** dans le tunnel.

En effet, de ces paramètres furent reportées les mesures exactes prises par le géologue ingénieur Staff. Elles parurent dans les rapports trimestriels du Conseil fédéral sur la marche de l'entreprise. Ces documents contiennent de précieuses indications qui confirment les causes et les conditions qui permirent la réimplantation du cycle d'*Ancylostoma*.

"... la plus haute température constatée a été de 31.7°C le 21.02.1880 à 7453 mètres de l'embouchure nord... côté sud a été trouvée de 31.53°C le 7.02.1880".

"... Nous sommes donc bien loin de 40°C, assignés par Du Bois Reymond, comme limite de la température que peuvent supporter des ouvriers..."

"... Mais l'atmosphère du tunnel est non seulement chaude, elle est encore très humide à cause des filtrations d'eau qui... ont atteint un débit de 230 litres par seconde, ... 8'000'000 litres par heure véritable aqueduc où l'eau s'élevait à 25 ou 30 centimètres".

Lombard poursuivit en décrivant les conditions extrêmes de travail auxquelles les ouvriers étaient soumis. Par exemple l'atmosphère était *"... un mélange impropre pour l'entretien de la respiration... respirent une portion de ces gaz délétères"*. *"... Ainsi donc, l'atmosphère du tunnel est, à la fois chaude, humide et jusqu'à un certain point chargée d'impuretés"*. Cela rendait le travail plus fatiguant et entraînait de très abondantes transpirations provoquant un grand épuisement.

Tout en niant l'*Ancylostoma* en tant qu'agent de la maladie, il décrit les symptômes de l'ankylostomiase à travers des informations *"précises et récentes des docteurs (Giaccone et Fodéré) chargés du service médical des chantiers d'Airolo et de Göschenen"*.

"Le Dr. Giaccone, médecin de la Compagnie qui pratique depuis plusieurs années à Airolo, m'a donné à la date du 4 avril 1880, la description suivante des symptômes observés chez les ouvriers mineurs:

- La pâleur commence par les oreilles, qui deviennent transparentes, elle s'étend plus tard aux ailes du nez et au visage tout entier; les muqueuses oculaires, nasales et buccales participent à cette anémie des téguments extérieurs. Il existe toujours des vertiges et une grande faiblesse, ainsi que des douleurs névralgiques au tronc et aux membres thoraciques et abdominaux. Les vomissements ne manquent jamais à une période avancée de la maladie. La constipation alterne avec la diarrhée et les évacuations sont tantôt verdâtres, tantôt noirâtres, jamais sanguinolentes. ... N'ayant pas de microscope, il n'a pas pu rechercher les oeufs dans les matières fécales. ... L'on doit admettre que les conditions spéciales du travail dans le tunnel du Gothard ont suffi pour développer l'anémie en dehors de l'intervention très hypothétique de l'ankylostome. -

Le Dr. Giaccone estime que le roulement des ouvriers est tel, du côté d'Airolo, qu'il est impossible d'établir la proportion des malades".

Le Dr. Fodéré de Göschenen, en date du 8 avril 1880 écrit: *"... un certain nombre d'ouvriers sont devenus anémiques, quoiqu'à des degrés divers. ... La peau et les muqueuses sont non seulement décolorées, mais prennent une teinte jaunâtre, qui persiste fort longtemps. ... Le seul habitat des oeufs d'ankylostome est l'intestin de l'homme, et ils ne paraissent pas devoir passer par un autre milieu pour se développer"*.

Le Dr. Sonderegger [28], sur demande du gouvernement fédéral suisse, effectua une expertise en posant le problème de la façon suivante : *"Anémie oder Ankylostoma?"*, tant était présente l'idée qu'il s'agissait de deux choses complètement différentes et que l'*Ancylostoma* ne pouvait pas provoquer l'anémie dont souffraient les mineurs employés au percement du St.Gothard. Il conclut d'abord (comme Lombard) que la maladie n'était rien d'autre qu'une forme de la "cachexie des montagnes". Par la suite il dut réviser cette opinion [29]. On considérait alors que la maladie des mineurs était due à l'intoxication par contact ou par inhalation de substances inconnues présentes dans l'air des mines.

Pour toute réponse, le Prof. Perroncito se procura des selles d'ouvriers présentant les symptômes typiques de la maladie du Gothard, mais travaillant dans une mine en Allemagne, et y démontra la présence de nombreux oeufs d'*Ancylostoma*.

Même au sein de réunions au plus haut niveau scientifique et politique, la polémique entre défenseurs et adversaires de l'origine parasitaire de l'épidémie du Gothard se basa sur la non reconnaissance d'une corrélation causale entre le parasite et la maladie et entre le comportement hygiénique et la maladie.



4. Deuxième controverse sur la pharmacologie: extrait de fougère mâle ou Thymol

La deuxième controverse surgit entre les chercheurs italiens Perroncito et Bozzolo. Perroncito, après le succès obtenu lors de traitements à base d'extraits éthéré de fougère mâle, resta fidèle à cette thérapie [25]. Il s'agissait d'un extrait végétal mal défini chimiquement, avec des principes actifs assez labiles. Bozzolo, pour sa part, préconisa l'usage du Thymol, une molécule organique pure, à formule chimique bien définie. Selon l'américain Chandler (1958), l'utilisation du Thymol fut une découverte fondamentale, il estima qu'il s'agissait du point de **départ** de la **chimiothérapie anti-infectieuse** moderne. En effet, ce fut la première fois qu'on utilisa une substance toxique et bien définie chimiquement pour le traitement d'une maladie : "The first great advance was made when some italian workers established the value of thymol for hookworms in 1880 / La première avancée remarquable fut faite quand des chercheurs italiens établirent la validité du Thymol contre les Ancylostomes en 1880" (Chandler A.C., 1958, Introduction to parasitology, Ed Wiley & Sons, New York) [4].

Ceci fut le résultat de plusieurs tentatives thérapeutiques suivies de beaucoup d'échecs, comme le déplora E.Parona, médecin clinicien:

[16]... "Après l'échec de l'essai répété de l'huile essentielle de térébenthine, de l'acide phénique, de la benzine, de l'acide thymique, du timate de soude, de la glycérine, du chloralhydrate, de l'acide benzoïque, du benzoate de soude, de l'arsenic, du bichlorure de mercure, de l'écorce de racine de grenade, de pellentiérine, de basilic, de capsules d'extrait éthéré de fougère mâle; après le résultat inconstant et insuffisant de l'effet des mélanges de santoline, de calomel, de julappe, de tanin acide, de senna, etc., on en fut réduit au dernier espoir que faisait entrevoir l'expérimentation du chénopode antihelminthique et du latex de *Ficus doliaria* et de *Carika dodecaphilla* prônées contre l'helminthiase duodénale par les médecins brésiliens".

5. Epidémiologie

Comment une maladie tropicale a pu être décrite au coeur des Alpes

Il s'agissait d'expliquer pourquoi et comment une maladie tropicale apparut de manière épidémique au coeur des Alpes. La contamination fécale du milieu par des personnes ayant auparavant travaillé dans des rizières où ce déroulait le cycle de l'*Ancylostoma*, transplanta le site d'action de ce parasite dans des conditions comparables à celles d'une région chaude et humide. En effet, après la découverte de Dubini en Italie du nord, la parasitose fut considérée comme une maladie professionnelle des paysans des zones de rizières et des ouvriers travaillant aux abords de fournaies.

Dans le tunnel du St.Gothard la maladie ne se développa sous forme épidémique que durant les deux dernières années du percement, c'est à dire lorsque la température dépassa les 30°C, permettant ainsi au cycle du parasite de se boucler. A ce moment, selon les ingénieurs, la température du tunnel à l'avancement des travaux de percement atteignit 30 - 35°C [5].

6. Enseignement tiré de l'épidémie du St.Gothard

De nombreuses connaissances furent acquises pendant l'épidémie du St.Gothard et sont encore valables à l'heure actuelle. Il faut mettre en évidence la haute qualité scientifique des travaux de l'époque, même si la notion de pénétration du parasite dans l'organisme humain ne fut pas encore complètement élucidée. Ce fait permit d'alimenter la controverse, car la thèse de la contamination orale était admise, bien que Parona écrivit: *"... il me semble qu'il ne serait pas téméraire de supposer que la cause du prurit aux mains et de l'irritation de la peau ne puisse être autre que les larves de l'helminthe objet de notre étude..."*; il décrit des *"lésions semblables à des piqûres d'insectes"*. Pour conclure: *"A mes yeux, la voie la plus naturelle d'infection me semble être les mains de ces travailleurs couvertes de boue"* [15].

Lombard pensait que l'on s'infectait en buvant l'eau, ce qui lui permit de rétorquer que l'eau que les mineurs buvaient était la plus pure des environs d'Airolo.

Les Docteurs Bozzolo et Pagliani écrivirent à la Gazette du Turin, que *"c'est l'impureté de l'eau servant de boisson dans les galeries, qui a contribué à répandre les oeufs de l'ankylostome. Ces messieurs ignoraient, sans doute, que l'entreprise du tunnel a organisé depuis plusieurs années un service d'eau potable qui ne laisse rien à désirer."*

... L'eau vient de la Tremola, elle est amenée dans des tubes métalliques qui commencent à 180 mètres au-dessus du tunnel. Cette eau arrive donc au fond de la galerie, sans avoir eu aucune communication avec le tunnel. Elle descend du lac Sella au-dessus de l'hospice et coule sur un sol granitique, en sorte qu'elle est la plus pure des environs d'Airolo. Au reste, il n'est pas inutile d'ajouter que les ouvriers italiens sont, en général, très soigneux dans le choix de l'eau qu'ils boivent et qu'ils se gardent bien de se désaltérer avec l'eau, le plus souvent mêlée de boue, qui coule à leurs pieds" [14].

L'expérience acquise lors de l'épidémie du St.Gothard permit aux scientifiques de reconnaître les symptômes sur des ouvriers d'autres zones minières, notamment dans la Région de la Ruhr [13], à Manchester [26], à Budapest (Académie des Sciences ; mineurs de Schemnitz) et en France (St Etienne et Valenciennes), zones où l'ankylostomiase existait déjà de façon endémique sous l'expression d' "anémie des mineurs".

ALLA
UNIVERSITÀ REGINA VITTORIA
DI MANCHESTER
CHE VOLLE RICORDARE IL 25° ANNIVERSARIO
DELLA SCOPERTA DELLA NATURA PARASSITARIA
E DELLA CURA DELL'ANEMIA DEI MINATORI
COLLA MIA NOMINA
A DOTTORE IN SCIENZE ONORARIO
(1905)

ALL'ILLUSTRE FISILOGO
A. CHAUVEAU
EX PRESIDENTE DELL'ACCADEMIA DELLE SCIENZE
DELL'ISTITUTO DI PARIGI
CHE MI OFFERRE L'OCCASIONE E L'ONORE
DI CONFERMARE IN FRANCIA
LA NATURA PARASSITARIA
DELLA MALATTIA DEI MINATORI

En effet Perroncito, déjà après la première expertise de Sonderegger, réussit à démontrer la présence de nombreux oeufs d'*Ancylostoma* dans les selles d'ouvriers travaillant dans une mine en Allemagne. Encore une fois dans ces investigations Perroncito a constitué le point de départ, car plus tard, ses expériences furent confirmées par des chercheurs d'Autriche, d'Allemagne, de Belgique, d'Amérique (Brésil et Amérique du Nord), d'Asie et d'Australie [1, 27]. Les résultats thérapeutiques permirent de traiter à grande échelle les divers cas d'ankylostomiase existants. De plus, la confirmation générale que la contamination provenait des matières fécales permit de mettre au point une prophylaxie simple, c'est à dire l'introduction de latrines. C'est au Simplon que cette prévention obtint un "succès imposant". En effet le Dr. Volante [30], élève de Perroncito, suivit les travaux en tant que responsable sanitaire et y instaura les conditions d'hygiène adéquates depuis le début du percement en décembre 1903. Pendant les sept ans que durèrent les travaux de perforation, aucun cas d'ankylostomiase n'apparut.

Il faut aussi signaler qu'en 1880, dans cette période de ferveur pour la recherche fondamentale en parasitologie déclenchée par l'épidémie, sur un ouvrier anémique du St.Gothard, B.Graziadei put décrire le premier cas de balantidiose (agent *Balantidium coli*, protozoaire cilié) en Italie [7].

7. Importance en Médecine tropicale

Les travaux scientifiques effectués lors de l'ankylostomiase du Gothard constituent aussi une contribution importante à la naissance de la **Médecine tropicale** moderne qui se situe entre 1880 et 1914, années considérées à "l'apogée de l'expansion coloniale occidentale".

Les recherches parasitologiques, chimiques et pharmacologiques effectuées pendant l'épidémie eurent ainsi une grande importance pour cette nouvelle discipline, car il existait le besoin d'une parasitologie scientifique pour mieux gérer le danger sanitaire dans les territoires coloniaux. Par exemple, Theodor Bilharz lors d'une autopsie d'un (fellah) égyptien décompta une centaine d'ankylostomes.

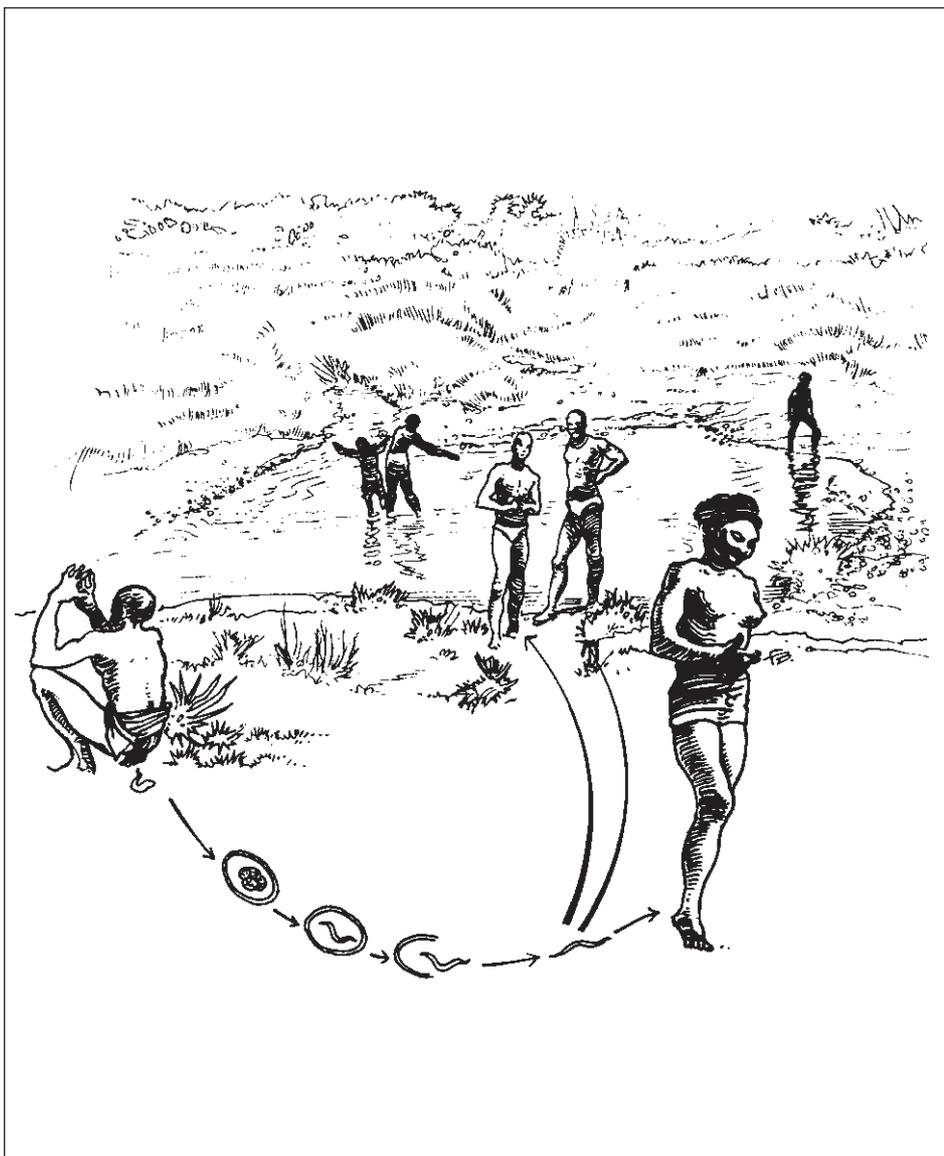
Perroncito lui-même affirma que sa découverte était "utilisée aux Tropiques" [25, 27]. D'ailleurs la diffusion de ses publications effectuées en France [24] et sur le British Medical Journal [2] constituèrent une tribune pour les correspondants des 5 continents.

Selon les données de l'OMS, actuellement 900 millions de personnes sont infestées par l'*Ancylostoma* [17]. Il s'agit ainsi d'une des parasitoses intestinales les plus répandues sur la Terre et encore aujourd'hui elle représente une des infestations les plus importantes en zones tropicales d'Afrique, d'Asie et d'Amérique du sud [10].

L'enseignement du Gothard, qu'on n'a pas encore pu mettre en pratique dans les pays tropi-

caux [3, 18], est actuellement préconisé par l'OMS dans la politique d'assainissement du milieu, mise en oeuvre avec une meilleure gestion hygiénique de la ressource hydrique [11].

Il faut aussi remarquer que l'Europe n'est pas à l'abri des réimplantations du cycle dans des microclimats favorables, comme le témoigne la résurgence sporadique de cette parasitose lors du percement du tunnel sous le Mont Blanc [12]. Ainsi l'ankylostomiase en tant que maladie professionnelle n'a pas complètement disparu, même à nos latitudes. En outre bien que n'étant pas une maladie d'importation fréquente, elle est régulièrement diagnostiquée [22, 23], comme le prouvent les 31 cas documentés par notre activité analytique au laboratoire de l'Institut cantonal de bactériologie durant ces dernières années.



Le Saint Gothard dans l'historiographie sociale

Orazio Martinetti

Storico, Via Rompada 6, 6952 Canobbio

Pendant longtemps, l'histoire liée au Saint Gothard a été écrite par les voyageurs et les savants. Les premiers ont laissé de nombreux témoignages, comptes-rendus, lettres, articles de journaux, dessins et tableaux. Un des premiers historiens qui se sont penchés sur ce gisement de descriptions, parfois riches de notes qu'aujourd'hui on qualifierait d'ethnologiques ou d'anthropologiques, fut Emilio Motta, dans son ouvrage *Dei personaggi celebri che varcarono il Gottardo nei tempi antichi e moderni* (1884)¹.

Les historiens ont laissé de nombreux écrits, des essais et des observations parfois minutieuses, éparpillées en mémoires académiques et en revues scientifiques. Ces travaux comprennent des analyses, souvent répétées plusieurs fois au fil des années, faites dans le monde animal et végétal, la biologie des lacs, les fossiles et la minéralogie.

Les voies de communications ont également été au centre de l'intérêt des chercheurs, mais surtout, du moins au début, elles ont servi comme instruments de la politique expansionniste des cantons primitifs.

Les historiens et les archéologues ont longtemps cherché à mettre en place un lien entre la naissance de la Confédération et le passage du col du Saint Gothard: la Suisse aurait ainsi été fondée plutôt comme communauté d'intérêts pour contrôler le trafic commercial vers l'Italie que comme acte de fondation d'un état indépendant. Dans le domaine du chemin de fer, les recherches se sont longtemps concentrées sur le débat au sujet du choix des trajets, c'est-à-dire sur la lutte entre le Gothard, le Lukmanier, le Splügen et le Simplon: une controverse acharnée qui a duré plusieurs années, comme le prouve déjà la première bibliographie sur la Compagnie ferroviaire du Gothard mise au point par Emilio Motta en 1882².

Dans l'ensemble, prédomine donc une histoire de type événementiel, accompagnée de ses corollaires naturels, c'est-à-dire l'exaltation, sinon l'hagiographie des barons des chemins de fer et des entrepreneurs audacieux, des pionniers d'allure mythique comme Alfred Escher et Louis Favre.

Néanmoins il serait injuste de réduire cette école historiographique à une chronique des faits et à des disputes entre partisans et adversaires du Gothard: elle aussi a su élargir les secteurs d'investigation, en englobant le rôle du grand capital lié aux banques suisses et étrangères dans le financement de l'entreprise et les raisons qui sont à la base des différentes options. Le résultat le plus convaincant de ce courant est, je pense, l'ouvrage de Bruno Caizzi, *Suez e San Gottardo*, publié en 1985³.

La principale rupture a lieu dans les années '70, dans le sens d'une ouverture des points de vue. On assiste pendant cette période à l'irruption des sciences sociales dans l'observation des faits historiques, en premier lieu de la sociologie, de la statistique et de l'histoire sociale et épi-

démiologique. Bref, dans les universités, les lieux dédiés à la recherche, on commence à s'éloigner de l'histoire événementielle pour aller à la découverte de nouvelles données en utilisant des instruments inédits de sondage. L'historiographie traditionnelle continue son chemin, par exemple en publiant de nombreux livres riches en illustrations et en anecdotes, surtout à l'occasion des anniversaires et des commémorations. Mais elle n'est plus seule. A côté d'elle, et souvent en polémique avec elle, apparaît l'histoire sociale, c'est-à-dire un nouveau regard sur le passé.

Le fait curieux est que ce revirement n'est pas l'ouvrage d'un historien, mais d'un cinéaste: Villi Herman, avec son film *San Gottardo* de 1977, pellicule qui met en parallèle la construction du tunnel routier avec les conditions de travail dans le tunnel ferroviaire un siècle plus tôt. Dans ce film Herman consacre assez de place aux troubles de Göschenen des 27 et 28 juillet 1875, troubles qui avaient laissé sur le terrain quatre morts et plusieurs blessés, tous des mineurs italiens (la fusillade est un des faits de sang les plus graves du jeune état fédéral suisse). La documentation qui est à la base du film est réunie par l'historien Tobias Kaestli, qui ensuite la sélectionne et la publie dans un petit livre dont le titre est *Der Streik der Tunnelarbeiter am Gotthard 1875. Quellen und Kommentar*⁴. Tant le film que le livre se posent délibérément en conflit avec l'historiographie officielle, coupable, selon les auteurs, d'avoir caché ou minimisé ce grave épisode de l'histoire nationale. "Es ist endlich an der Zeit - observe Herman dans la postface du livre -, dass ein gewisser Obskurantismus in der Schweizergeschichte aufhört".



La grève des mineurs du tunnel, 28 juillet 1875: l'armée tire sur les ouvriers. Représentation d'après un croquis de l'Ing. Georg Specht

J'ai mentionné précédemment que les anniversaires constituent souvent l'occasion de revenir sur les événements historiques avec des pavés célébratifs. Heureusement ce n'est pas toujours le cas. En 1982, année du centenaire de l'ouverture du tunnel ferroviaire, l'école cantonale de commerce de Bellinzona organise une exposition et un colloque qui posent finalement les prémisses d'une évaluation globale de l'entreprise, donc pas seulement les aspects politiques et économiques, mais aussi les imbrications sociologiques, géographiques, techniques, sociales et

médicales. A côté des reconstructions traditionnelles (les disputes pour le choix des trajets, les positions des protagonistes, la lutte des intérêts, les réactions des acteurs politiques), on trouve des contributions qui indiquent de nouvelles directions de recherche, originales et parfois surprenantes, par exemple la sociologie du capitalisme ferroviaire (traitée par Giovanni Busino), les différentes solutions proposées par les ingénieurs pour franchir les fortes rampes au pied des Alpes (Carlo G. Lacaïta), les répercussions sur le paysage du Tessin (Benedetto Antonini et Romano Broggin), la question de "L'anémie du Saint Gothard"⁵. Ce dernier chapitre, représenté dans toutes ses implications scientifiques par le biologiste Raffaele Peduzzi⁶, avait donné lieu, à l'époque, à une vaste controverse entre spécialistes en parasitologie de nationalité suisse, française et italienne. Elle déboucha sur la découverte de l'ankylostome duodénale, maladie qui avait des conséquences mortelles sur les ouvriers affectés.

L'autre anniversaire ayant eu des effets positifs sur la recherche a été le 150^{ème} anniversaire des chemins de fer suisses, célébré en 1997. A l'occasion de ce jubilé, le Musée des transports de Lucerne a restructuré intégralement la section dédiée au trafic sur voie en occupant une surface de 8000 m² (Abteilung Schienenverkehr) et a introduit une nouveauté qui a tout de suite attisé la curiosité des visiteurs et des écoliers: la reconstruction virtuelle du tunnel ferroviaire du Gothard sur une surface limitée mais très efficace du point de vue didactique. Parallèlement les historiens Kilian T. Elsasser et Hans-Peter Bärtschi ont rédigé et publié un remarquable catalogue: *Kohle, Strom und Schienen. Die Eisenbahn erobert die Schweiz*. L'ouvrage consacre un espace assez large à la conquête du Gothard, soit en évoquant les aspects politiques, techniques et personnels (Légende et vérité autour de Louis Favre), soit en soulignant les aspects sociaux, particulièrement les conditions de vie à Göschenen pendant le percement du tunnel. L'angle social est au centre des essais de Konrad Kuoni et d'Alexandra Binnenkade, synthèses de mémoires élaborées à l'université de Zurich et de Bâle. Le premier, celui de Kuoni, a pour titre *Allein ganz darf man die Humanitätsfrage nicht aus den Augen verlieren. Der Bau des Gotthard-Eisenbahntunnels in wirtschaftlicher, politischer und sozialer Hinsicht*, 1996; le second, de Binnenkade est intitulé: *Sprenstoff. Der Streik der italienischen Gotthardtunnelarbeiter - Alltag und Konflikte im Eisenbahndorf Göschenen 1875*, 1996. Dans leurs travaux, ces auteurs entrent dans les détails de la quotidienneté, examinant les conflits (entre la population locale et les travailleurs immigrés, mais aussi entre les étrangers eux-mêmes), les violations de l'ordre public, les réactions des autorités communales et policières, les conditions de logement, la situation hygiénique. Binnenkade s'occupe aussi de l'alimentation et du rôle des femmes dans la "Zukunftstadt" de Uri, un chapitre jusqu'à présent complètement négligé.

Mais reprenons le fil du discours. J'ai parlé tout à l'heure d'une césure historiographique. En fait cette coupure n'est pas aussi nette que je l'ai décrite. Au cours de ce dernier siècle il y a eu aussi des études très originales et innovatives: dans le domaine de la sécurité du travail et des conditions hygiéniques il faut au moins signaler les recherches des médecins Ernst Bauer et Edwin Hofmann, deux dissertations académiques (la première présentée en 1908, la seconde en 1950) qui déjà attiraient l'attention sur la singularité du Saint Gothard dans l'histoire des percements au XIX^e siècle⁷. Bauer, en particulier, soulignait le grand nombre de victimes du Gothard en comparaison avec celles du Simplon: un mort pour 81,6 mètres dans le premier tunnel, un mort pour 386,88 m dans le deuxième. Le néolauréat indiquait que la principale cause des décès était due à la connaissance encore insuffisante de la dynamite. Aujourd'hui on est en mesure de mieux caractériser cette singularité du Gothard et son haut

tribut de victimes par rapport aux autres oeuvres de l'époque.

Premièrement il faut rappeler les conditions extrêmement défavorables du contrat stipulé par Louis Favre avec la Gotthardbahngesellschaft dirigée par Alfred Escher: un véritable contrat-piège qui aura des conséquences graves à plusieurs niveaux. Déjà l'offre présentée par Favre apparaît téméraire: par rapport à la Società di lavori pubblici dirigée par Severino Grattoni, qui avait percé le Mont-Cenis (d'une longueur de 12,8 kilomètres), Favre demande par mètre linéaire 1830 francs, contre 3389 francs prévus par Grattoni. Le contrat stipulé avec la Compagnie du Gothard représente la logique conséquence de cette façon d'agir pour ne pas perdre l'adjudication. L'article 7 est une véritable épée de Damoclès suspendue sur la tête de l'entrepreneur genevois: l'article prévoit que le tunnel soit terminé "dans toutes ses parties" (in allen Teilen) en huit ans à partir du jour où le Conseil fédéral donnera son approbation au contrat (23 août 1872). Pour chaque jour gagné sur l'échéance prévue, la Gotthardbahngesellschaft versera à l'entreprise une prime de 5000 fr. tandis que Favre devra verser 5000 fr. pour chaque jour de retard dans les premiers 6 mois, puis 10'000 fr. pour les 6 mois suivants. Si le retard arrive à un an complet, l'entreprise Favre perdra la caution payée (8 millions de francs) et sera ensuite destituée de tout mandat.

Pourquoi Favre avait-il accepté un contrat d'entreprise? Quelques historiens parlent d'"inconscience" pour ne pas perdre les travaux; d'autres d'"audace", sentiment à l'époque très répandu chez les capitaines d'industrie. On a aussi dit que Favre espérait que les nouvelles techniques de perforation l'aident à respecter l'échéance. Mauvais calcul, qui aura des effets catastrophiques. Pour les mesures de sécurité et pour une aération adéquate dans le tunnel, le stressé Favre n'aura jamais ni temps, ni argent. Explosions, chutes de pierres et autres accidents causeront la mort de presque 200 ouvriers.



Mai 1882. Les premiers convois traversent le massif, mais l'allégresse ne fut pas générale, puisque les chemins de fer supprimèrent les activités de transport traditionnelles (transport à dos de mulet). La réaction fut particulièrement amère dans le Canton d'Uri, où apparurent des drapeaux portant les couleurs du deuil.

La mauvaise ventilation du tunnel sera une des causes des émeutes de Göschenen en 1875: un événement tragique qui est demeuré comme une tache indélébile dans l'histoire de l'Etat fédéral moderne. Le déroulement des faits est assez bien connu grâce au rapport établi par le commissaire fédéral Hold, conseiller aux Etats du canton des Grisons, et publié dans la *Feuille fédérale suisse* du 17 novembre 1875. Hold n'est pas tendre vis à vis de l'entreprise Favre et de la commune de Göschenen. Aussi, s'il parvient à absoudre les autorités communales et les responsables directs du meurtre de quatre grévistes italiens ("la force armée, attaquée de la manière la plus brutale, s'est tenue dans les limites les plus strictes de la légitime défense"), il pointe le doigt surtout vers deux directions: le mal fonctionnement du chantier côté installations techniques et logistiques (surtout l'aération insuffisante du tunnel) et la désorganisation de la commune (maintien de l'ordre, conditions de logement, police sanitaire). Sur ces derniers aspects, le commissaire Hold est auteur d'une page de dénonciation assez remarquable, qui mérite d'être repropagée: "Le logement des masses considérables d'ouvriers est absolument dans les mains de la spéculation. La misère qui règne dans les quartiers qui leur sont destinés dépasse tout ce que l'on peut imaginer. Les lits sont accumulés dans de petites chambres non aérées, et ces lits sont de misérables paillasses à moitié pourries. La plupart du temps, ces chambres sont sous-louées, pour le terme d'un mois, à des entrepreneurs spéciaux, qui y admettent le plus grand nombre possible d'ouvriers, souvent trois par lit, et ces ouvriers s'en servent alternativement. [...] Le manque d'air dans ces chambres occupées par un trop grand nombre de personnes, où l'on fait la cuisine et où brûlent toute la nuit des lampes répandant une odeur fétide, l'absence de la propreté la plus élémentaire, la défectuosité absolue de l'organisation des lieux d'aisance, etc., etc., sont autant de circonstances qui, à tous les points de vue, font de ces logements des locaux essentiellement insalubres; si une épidémie venait à sévir, les conséquences seraient terribles! Dans les ruelles latérales, aussi bien à Göschenen qu'à Airolo, les immondices s'accumulent d'une façon dégoûtante, sans que l'on s'inquiète le moins du monde de les enlever".

En commentant la fusillade qui brisa la protestation, quatre ans après la féroce répression de la Commune parisienne, le journal *Tagwacht*, l'organe de la Ligue ouvrière suisse, écrivait: "der Fall Göschenen [steht] mit der Niedermetzung der Arbeiter einzig da in der Geschichte der Arbeitseinstellung aller Länder: kein monarchischer Staat ist bis jetzt in ähnlicher Weise wie die republikanische Urner Regierung gegen streikenden Arbeitermassen vorgegangen". Le commentaire signé sur la même page par Félix Pyat est encore plus dur: "C'est que la République d'Uri est aussi fille de l'Eglise comme la République de Versailles et la monarchie de Décembre: c'est qu'elle est autoritaire, c'est-à-dire cléricale et militaire; c'est qu'hier encore elle tenait au Sonderbund; c'est qu'aujourd'hui même elle repose non sur le principe démocratique du monde moderne, l'Egalité, sur les droits de l'homme, justice, travail et paix, mais sur le vieux droit divin de guerre, de conquête et de butin".

Malgré ces tons de barricade, les historiens n'ont pas trouvé, jusqu'à présent, auprès de la colonie des travailleurs du Gothard, des traces d'influence des idées provenant de cercles communs, socialistes ou anarchistes, même si la présence de "comunardi" est signalée dans quelques rapports (leur nombre est quand même estimé négligeable)⁸. La grève fut probablement un geste spontané et désespéré, et ne fut pas dirigée de haut par des partis ou des mouvements. La répression provoqua néanmoins des émotions profondes dans l'opinion publique européenne.

Mais si les nouvelles idéologies ne sont pas encore visibles à cette époque, du moins au coeur des Alpes, on ne peut pas affirmer la même chose pour les nationalismes qui accompagnent

la naissance d'états nationaux comme la Suisse post-Sonderbund, l'Italie de la maison de Savoie, ou l'Allemagne de Bismarck. Le médecin italien Ferdinando Giaccone, pratiquant à Airolo, dans une lettre à l'ambassadeur d'Italie à Berne, M. Luigi Amedeo Melegari, met en évidence le lourd climat d'intolérance et de xénophobie qui règne dans le village entre natifs et étrangers. Je cite quelques passages: "Gli Airolesi sono così fatti, che si credono dappiù di tutti, e quindi sprezzano chiunque non sia dei loro; ma se l'essere forestieri qui è un torto, l'essere Italiani è un'infamia". "L'odio ed il disprezzo contro la nostra nazionalità sono tali che, molte volte io, che, per motivi di servizio, dovetti recarmi a Faido, a Göschenen, fermarmi ad Andermatt, ho dovuto alla tavola dell'Albergo rimbeccare ora gli uni, ora gli altri, perché, appena fatti accorti della presenza d'un italiano, i Ticinesi non mancano mai d'attaccare Nazione e Governo". Et encore: "Una delle non ultime cause dei luttuosi avvenimenti di Göschenen si deve, a mio credere, nel disprezzo con cui sono trattati gli italiani nel cantone d'Uri..."

La deuxième réflexion est sous forme de plaidoyer: un plaidoyer pour finalement sortir des recherches sectorielles et aboutir à une histoire globale des grands travaux ferroviaires du XIX^{ème} siècle. Les travaux sectoriels ou locaux sont bien nécessaires, je suis le premier à l'admettre. Mais maintenant il faudrait pouvoir arriver à une synthèse qui comprenne les percements du Hauenstein (1853-1857), du Gothard (1872-1882), du Simplon (1898-1906) et du Loetschberg (1906-1913): une histoire faite de projets et de techniques, mais aussi établie par des hommes, la plupart des immigrants italiens, qui ont bâtis, littéralement avec leurs mains, la Suisse moderne la Suisse des voies de communications dont on était à juste raison fier en 1998, année du 150^{ème} anniversaire de la première Constitution fédérale.



Airolo à la fin du XIX^{ème} siècle. En premier plan, le ballast de la ligne ferroviaire. Les chemins de fer modifièrent d'une manière importante la morphologie des vallées alpines. Cependant, l'incidence du tracé ferroviaire fut minime, si on la compare aux blessures provoquées par l'autoroute cent ans plus tard.

Colladon: l'assistente di Ampère che lavorò ad Airolo

Raffaele Peduzzi

*Prof. Dr. biol., Dir. Istituto cantonale batteriosierologico, Via G. Buffi 6, 6904 Lugano
Presidente Fondazione Centro di Biologia Alpina di Piora*

L'idea che un assistente di Ampère abbia lavorato ad Airolo mi ha sempre affascinato. Infatti, in occasione del primo traforo del San Gottardo, il ginevrino Jean-Daniel Colladon (1802-1893), fisico di primissimo piano, è stato collaboratore dell'impresa di Louis Favre in qualità di *"ingénieur-conseil"*. Prima di essere chiamato da Favre come consulente per il traforo del Gottardo, il ricercatore ginevrino aveva lavorato presso la Scuola Politecnica di Parigi nei laboratori di fisica diretti da Ampère (colui che diede il nome all'unità di misura dell'intensità della corrente elettrica). Durante una collaborazione fruttuosa, negli anni 1826-1827 partecipò a diverse esperienze fondamentali di Ampère. Alcuni aneddoti indicano che Colladon avesse più manualità tecnica nelle esperienze dimostrative per gli studenti, che lo stesso Prof. Ampère.

Nella capitale francese Colladon fu uno dei fondatori dell'*Ecole centrale* e la sua alta reputazione l'aveva visto anche ricoprire dei ruoli molto importanti, ad esempio nella progettazione del tunnel sotto la Manica, intrapresa subito dopo l'esposizione internazionale di Parigi nel 1867. In un suo rapporto del 1875, redatto durante le trivellazioni preliminari, indicava che *"tutti i lavori effettuati dalle due parti dello Stretto provavano la probabilità del pieno successo dell'opera, che poteva oramai essere considerata come una certezza"*.

I lavori di scavo vennero iniziati sulle due coste. Quanto l'Inghilterra per ragioni militari si ritirò dal progetto, dopo due chilometri di scavo, Colladon espresse tutta la sua amarezza *"Est-il compréhensible qu'après huit années d'approbation et d'encouragement... un gouvernement interpose subitement son veto sans qu'aucun événement matériel soit intervenu pour fournir un motif quelconque à ce recul ?"*.

Negli stessi anni è attivo nella regione del Gottardo. La notorietà di Colladon per i problemi inerenti ai tunnel ha fatto sì che Favre, lo chiamasse malgrado l'età (Colladon aveva 70 anni), come consulente ad Airolo, nel gennaio del 1872.

Alla riunione della Società Elvetica delle Scienze Naturali tenutasi ad Andermatt nel 1875, presenta una relazione tecnica sui lavori meccanici per il traforo del San Gottardo *"Les travaux mécaniques pour le percement du tunnel du Gothard"* (13.09.1875).

Il traforo del San Gottardo permette a Colladon di assumere un ruolo importantissimo, in quanto può mettere pienamente a contributo la sua esperienza ed utilizzare i compressori "locomobili" di sua concezione e brevettazione (vedi Fig. tratta dalla *Revue industrielle* del 20.10.1875). Si impegna a sormontare le difficoltà sorte con l'utilizzazione delle nuove locomotive mosse ad aria compressa e con la perforazione meccanica. In particolare, ebbe l'idea di ovviare al surriscaldamento provocato dall'aria compressa, iniettando l'acqua polverizzata direttamente all'interno dei cilindri e all'insufficienza d'acqua per alimentare le centrali idrauliche ad Airolo ed a Göschenen, con nuove prese.

L'"Atelier" è tutt'ora un toponimo del dialetto di Airolo per indicare la zona dove i macchinari di Colladon venivano fatti funzionare. Più a monte si può ancora scorgere il sedime del "Canale di Favre", dove veniva convogliata l'acqua per la necessaria forza idraulica.

Parallelamente ai rapporti al Consiglio Federale sullo stato d'avanzamento dei lavori che l'impresa Favre era tenuta ufficialmente a trasmettere, alla società ginevrina di fisica e di scienze naturali venivano presentati i progressi tecnici e conoscitivi che il traforo permetteva di acquisire².

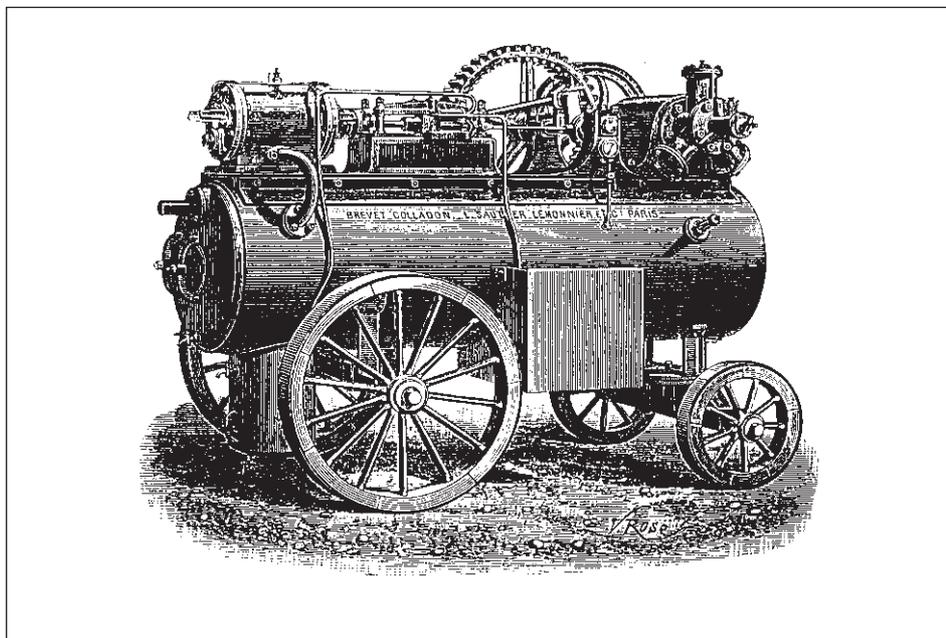
In queste conferenze venivano inseriti i termini di paragone con le altre grandi opere del momento (Mont Cenis, terminato nel 1871 e Hoosac USA nel 1874) sottolineando la rapidità di esecuzione del tunnel del San Gottardo grazie alle idee assai geniali dello stesso Colladon.

L'opera e la vita di Colladon sono state rievocate in una delle recenti riunioni della Società di Scienze Naturali di Ginevra³. È stato definito: fisico, ingegnere, costruttore, industriale ed inventore. Aveva impartito il primo corso in Europa sulle macchine a vapore all'"*Ecole centrale des arts et manufactures*" di Parigi. Professore di fisica titolare della cattedra di meccanica si era distinto per la modernità dell'insegnamento, esigendo dagli studenti degli stages pratici nelle officine, vera riforma pedagogica per quei tempi.

Con l'apertura del cantiere per il nuovo tunnel, ci è data l'occasione di ritrovare lo spirito di Colladon che tra i 70 e gli 80 anni di età sperimentava con successo le sue invenzioni sotto il San Gottardo.

Anche la storia delle scienze può risultare maestra e dovremmo poter riuscire nel momento attuale a ritrovare il gusto della sfida tecnica. È necessario recepire il progresso tecnico che può generare l'esecuzione di una grande opera come quella dell'AlpTransit. "*Perché le preziose esperienze acquistate dagli ingegneri svizzeri non vadano perdute*" era già una delle motivazioni con la quale Franscini giustificò l'istituzione del Politecnico nel 1855 di fronte agli oppositori.

A 120 anni dalla riunione della Società Elvetica delle Scienze Naturali di Andermatt, l'attuale ribattezzata Accademia Svizzera delle Scienze Naturali si riunisce per il Congresso annuale ancora nella regione del San Gottardo, ad Airolo, con una tematica analoga: le trasversali alpine e la ricerca alpina. Speriamo che i partecipanti possano ritrovare sugli attuali problemi scientifici l'entusiasmo con il quale Colladon tenne la sua prolusione nel 1875.



Il compressore locomobile, brevettato dall'ing. ginevrino Jean-Daniel Colladon (1802-1893)

Jean-Daniel Colladon et les technologies de percement

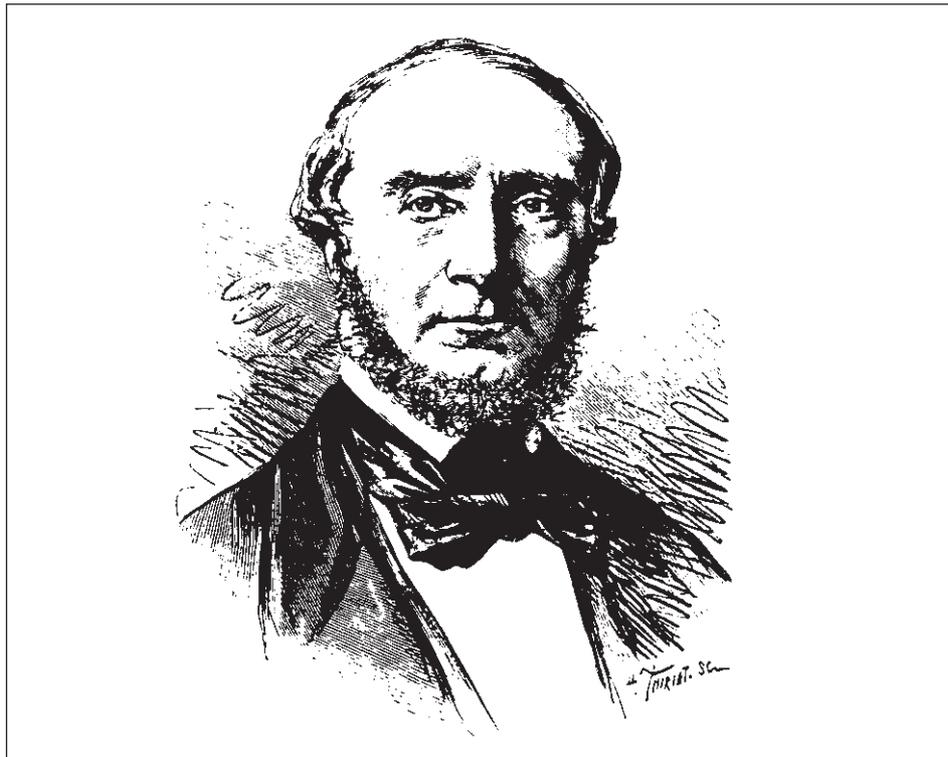
Marino Buscaglia, Docteur es sciences et M.E.R. Université de Genève

Préambule

Que le premier percement du tunnel du Saint Gothard ait été une belle réalisation techno-industrielle et qu'il ait frappé les esprits contemporains au point d'être assimilé aux travaux pharaoniques¹ de la fin du XIX^{ème} siècle est bien établi. De cette grande entreprise, les quelques lignes qui suivent ne retiendront que les aspects techniques du percement du Gothard sous l'angle de ses rapports avec la carrière de l'ingénieur et ami de Louis Favre (1825-1879), Jean-Daniel Colladon (1802-1893)

Nous verrons qu'il est possible de repérer des constantes dans l'oeuvre et les rhétoriques de ce savant praticien et d'en indiquer une lecture unitaire. En bref de trouver l'unité dans une production qui n'est diverse qu'en apparence. Il y a là matière à une histoire des sciences qui dépasse la simple recension des travaux et anecdotes.

Le lecteur trouvera en fin d'article une bibliographie qui lui permettra d'en savoir plus.



Portrait de Jean-Daniel Colladon (1802-1893)

Qui est Jean Daniel Colladon?

Il est né à Genève le 15 décembre 1802 et meurt aux Hauts Crêts le 30 juin 1893. Sa vie commence et se termine donc à Genève, mais ses activités dépasseront le bout du lac. Cet industriel éclairé, qui fut également homme politique, ce travailleur infatigable, fait partie, comme les De la Rives, Turettini, Pictet et de nombreux autres, de cette élite genevoise qui, au XIX^{ème} siècle, comprend les enjeux économiques et pratiques de la modernité industrielle et participe à de grandes entreprises (production industrielle du gaz, éclairage électrique des villes, tunnels, etc.). Plusieurs sources concernant Jean-Daniel Colladon sont facilement accessibles. Son *Autobiographie* de 1893, d'abord, qui, bien qu'incomplète, organise et présente sa propre interprétation de ses années de formation, de son oeuvre et de ses engagements. Deux recueils assez complets de ses publications scientifiques sont conservés à la Bibliothèque Publique et Universitaire de Genève (BPU B154/1 et 2). Sa correspondance, enfin, est en grande partie déposée au département des manuscrits de la même institution². A quoi s'ajoute une modeste bibliographie secondaire.

Colladon est le type même de l'ingénieur et du physicien résolument engagé aussi bien dans la recherche fondamentale que dans le mouvement industriel. Il n'est cependant pas indifférent qu'il soit aussi docteur en droit lorsqu'on considère, au delà de ses travaux scientifiques, sa participation aux sociétés savantes et ses fonctions politiques.

Dans la liste de ses *Titres scientifiques et honorifiques*, on rencontre l'expert, le commissaire fédéral (Exposition universelle 1851-52), l'ingénieur conseil au Gothard dès 1872, le créateur et administrateur des usines à gaz de Genève et de Naples, le membre fondateur et administrateur de la Société immobilière de Genève etc., mais aussi l'enseignant à l'École centrale des Arts et Métiers de Paris de 1829 à 1836, puis à Genève de 1836 à 1859. Enfin, comme plusieurs scientifiques de la tradition genevoise il assume des fonctions législatives dans différents conseils³.

Colladon offre donc un bon exemple du pragmatisme genevois, très ouvert à la scène européenne qui caractérise le XVIII^{ème} protestant et qui se radicalise sous une forme industrielle au XIX^{ème} siècle. D'ailleurs, nous dit l'éditeur des *"Souvenirs et mémoires"*, son autobiographie de 1893 : "En véritable savant, il a tenu davantage à la clarté et à l'exactitude des faits qu'à l'élégance du style". Tout un programme!

Cet ingénieur exemplaire, formé principalement en France à l'École centrale et en Angleterre⁴, peut être abordé selon différentes perspectives: ainsi, l'historien doit-il rappeler aussi bien son **activité d'ingénieur**⁵ que son activité de **scientifique**⁶ et ne pas négliger d'ailleurs son prosélytisme engagé dans la **diffusion** des sciences et des techniques⁷.

Mais derrière toutes ces directions, qui pourraient paraître divergentes, on retrouve comme une **Unité élémentaire**. Les différentes lignes d'activités souvent se croisent et se renforcent. Ainsi, les travaux concernant l'**air comprimé** dans les conduites de gaz, dans les conduites vectrices à haute pression, dans les fusils, peuvent-ils être rapprochés de ceux qui concernent l'élasticité de l'eau, la compression de l'air et leur importance pratique dans la création des **perforatrices** et foreuses à air comprimé⁸ et même le problème essentiel des **eaux de lavage** et le refroidissement des perforatrices (notion de double emploi). Les mêmes problèmes et concepts président aux démonstrations sur la propagation du son dans l'eau (1826).

Sur le plan bibliographique, l'oeuvre fait l'objet de nombreux (80) articles d'information et de polémique dont la tonalité, très répétitive, est presque toujours opiniâtre et souvent même obstinée.

Le percement du Saint Gothard (1872-1880)

Ces prémisses nous amènent naturellement au percement du tunnel des Alpes, alias le Saint Gothard. Colladon aborde ce projet avec une perspective large et européenne. Puisqu'il s'agit d'une entreprise helvétique dont le financement et plusieurs technologies sont étrangères, il est à priori acquis à l'idée des contacts industriels extra-hélicétiques et participe du large réseau technique international.

Mon commentaire est principalement fondé sur le découpage proposé par Colladon lui-même dans ses nombreuses publications et manuscrits sur le sujet. L'oeuvre publiée convient pour une telle approche puisqu'elle présente, bien que de manière parfois exagérément polémique, les événements, distingue les moments différents, les met en perspective, discerne des significations spéciales et propose, en bien des passages, une lecture unificatrice de l'ensemble. Elle relève explicitement la cohérence qui relie les activités de forage aux recherches fondamentales, voire à l'enseignement de "Mécanique théorique et appliquée", dispensé à l'Académie de Genève (de 1836 à 1856).

Les prémices

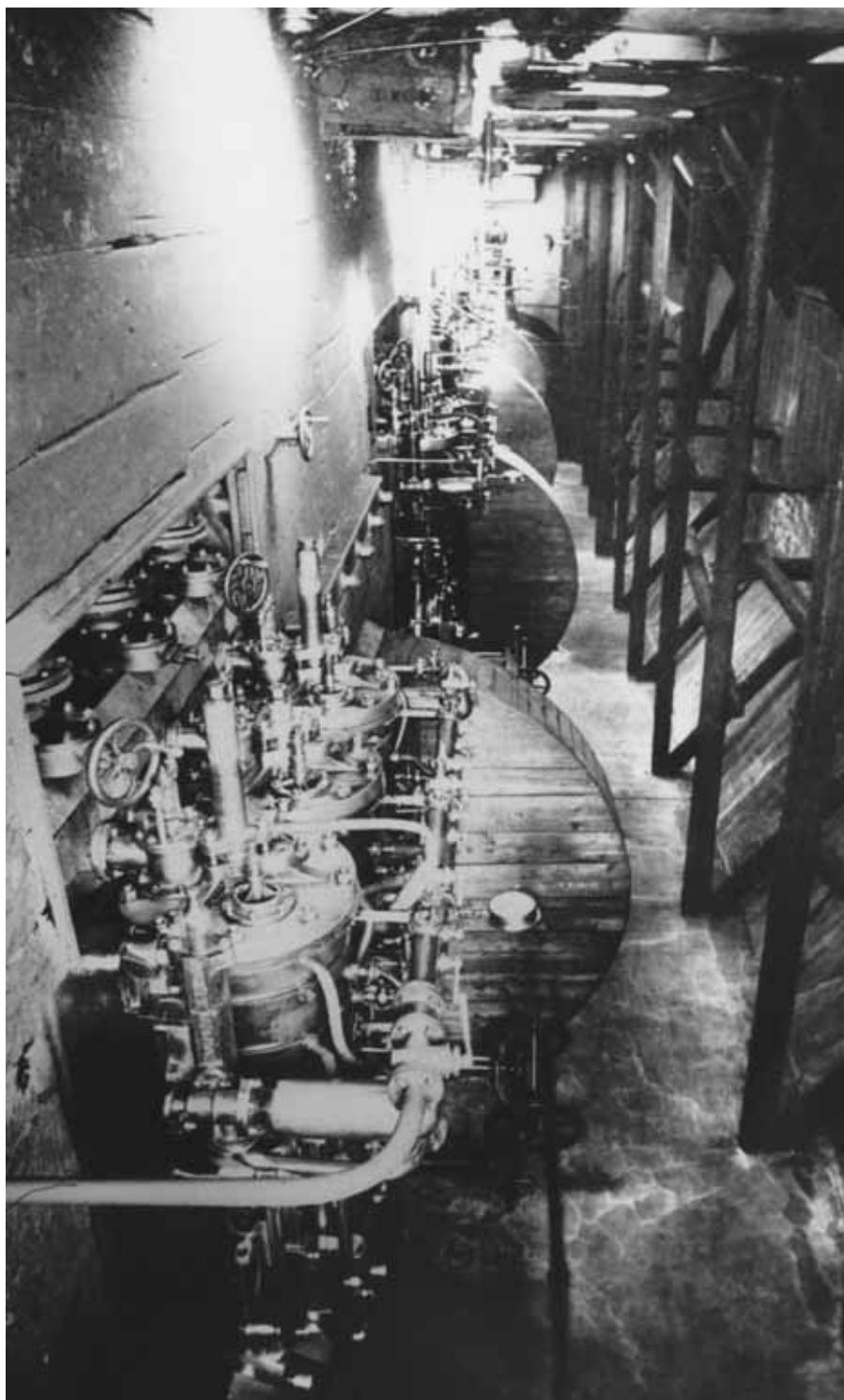
Approché par Favre, Colladon accepte la charge d'ingénieur conseil au Gothard en 1872. Ce qui lui permet d'imposer, en accord avec l'entrepreneur, ses propres choix technologiques. Le Gothard n'est pas son premier contact avec les tunnels, puisqu'il s'est déjà engagé dans les expériences préparatoires du Fréjus quand bien même il n'a pas participé à l'exécution des travaux.

Il ne s'est d'ailleurs pas limité aux percements réels de tunnels mais a collaboré aux projets audacieux de tunnels projetés, comme en témoignent sa participation à la controverse (1880) sur les mérites réciproques des tunnels du Mont-Blanc et du Simplon (1880) et ses études pour un tunnel sous la Manche, dont la construction fut stoppée, brusquement et sans explications en 1882, par le gouvernement anglais. La réputation du percement du Gothard vient de sa dimension et de la vitesse d'exécution des travaux bien plus que de sa nouveauté. Il avait été précédé par d'autres tunnels remarquables⁹.

Colladon s'est engagé verbalement et par ses écrits pour défendre la nature et la marche des travaux du Gothard¹⁰. Sa participation à plusieurs polémiques est bien attestée dans la bibliographie¹¹. Colladon s'exprimera, par exemple, sur les modes de percement et sur l'exécution du tunnel (défense économique et pratique), ses rendements, son coût, et sa rapidité d'exécution¹, sur l'excellence des pompes à compression (transport de l'énergie hydraulique, piles hydrauliques) et sur les problèmes d'adduction d'eau, de chute etc., sur les instruments mécaniques, les perforatrices (amélioration des modèles de Sommeiller, McKean, Ferroux, Théodore Turettini etc.), sur le transport de l'énergie par câble, cause d'accidents meurtriers par rupture, ou par air comprimé, puisque l'énergie électrique n'est alors pas encore disponible, sur la solution choisie pour mouvoir les machines¹³, sur l'usage de l'énergie hydraulique (dérivation de cours d'eau, barrages, chute d'eau) pour actionner les turbines des pompes et permettre le refroidissement de leur pistons, sur les aménagements de l'eau de refroidissement dans les perforatrices, l'eau étant également utilisée, en double emploi, comme eau de lavage, enfin sur l'amenée de l'air dans le tunnel et son renouvellement pour un double emploi aussi (renouvellement de l'air vicié par les explosions de dynamite, irrespirable pour les ouvriers et incompatible avec l'utilisation des lampes¹⁴).

La liste est longue, comme on le voit. Mais il faut lui ajouter les propositions de 1882 touchant à l'hygiène des tunnels et dont les conséquences ne sont pas négligeables¹⁵.

Intérieur des ateliers d'Airolo avec les compresseurs. (photo archivio: G. Giulini)



Le style de Colladon

On peut dégager quelques lignes directrices afin de définir le style méthodologique de Colladon, qui est celui d'un ingénieur praticien, faisant partie d'une élite scientifique et industrielle genevoise, qui se développe après 1800¹⁶. Mais si l'on affine l'analyse, on constate l'extrême finesse des descriptions méthodologiques et techniques de ses publications. Il soigne particulièrement les descriptions structurelles des machines et de leur fonctionnement. Il faut également noter l'attention avec laquelle il rapporte les procédures d'utilisation. Ne va-t-il pas jusqu'à publier ses protocoles et des extraits de son propre journal d'observations et d'expériences ou de celui de ses collaborateurs¹⁷? En cela, il sacrifie à une tradition bien établie chez les scientifiques et particulièrement dès le XVIII^e siècle dans le milieu genevois.

Quelques remarques finales en forme de bilan

Opération, utilité, efficacité, preuve, vérité, controverse! C'est autour de ces termes que tournent les textes de Colladon. L'unité de ses activités a été relevée, à quoi il faut ajouter la présence, constante chez lui, d'une forte rhétorique du progrès. Le progrès apparaît dans l'évolution même des grands travaux et se scande comme une litanie dans la longue suite des publications. Il constitue donc, avec l'esprit polémique, l'une des sources de la dynamique des textes de Colladon, manifestant surtout la confiance inébranlable et l'affirmation optimiste plusieurs fois reprise que l'idée du progrès scientifique et technique est une catégorie majeure de l'interprétation historique!

Quelques remarques s'imposent pour terminer, et d'abord celle-ci: Colladon est, comme les autres Genevois, profondément helvétique mais aussi européen et cosmopolite. Formé à Genève certes, mais également et surtout à Paris, à l'École Centrale et au contact de divers savants ingénieurs dont le modèle emblématique reste le grand Jean Baptiste Dumas (1800-1836), mais aussi André-Marie Ampère (1755-1836) dont il fut l'élève, il continue sa formation et se familiarise avec la science pragmatique des ingénieurs, entre machines à vapeur et torpilles militaires, en France et en Angleterre.

Devons-nous alors nous étonner que ce Genevois prenne ses exemples en France, en Angleterre mais aussi en Allemagne, et dans le Royaume de Piémont Sardaigne, ou encore que les grands travaux auxquels il participe soient eux aussi plus européens que proprement helvétiques? C'est le cas dès 1850 pour le tunnel du Fréjus (Mont Cenis), long de plus de 12 km., pour lequel il met au point ses pompes innovatrices, et même pour le Saint Gothard, au coeur névralgique des Alpes suisses, qui est certes confié à une entreprise genevoise, mais dont le financement est en majorité italien et allemand. N'est-ce pas lui qui amplifie et reconstruit l'usine à gaz de Naples? N'est-il pas l'un des experts écoutés dans la controverse à propos du percement du Mont Blanc et du Simplon, et finalement l'un des initiateurs malheureux d'un tunnel sous la Manche, hélas trop vite abandonné, ou encore le Commissaire de la Confédération pour l'Exposition Universelle de Londres en 1852? Oui, cet ingénieur est bien dans la tradition genevoise lorsqu'il s'engage radicalement dans le complexe industriel européen.

Chez lui, les grands tunnels ne sont jamais compris seulement sous l'angle de la technologie ou celui de la géologie, mais bien en fonction d'impératifs socio-économiques et d'une véritable géographie industrielle et sociale. Colladon voit dans les grands travaux du XIX^e siècle, Canal de Suez, Fréjus, Gothard (c'est lui qui relève la filiation), des réalisations qui connectent des régions lointaines et des champs économiques qui sans eux resteraient séparés. Pour Colladon le Simplon dépasse Brigue et Domodossola pour mettre en relation l'Angleterre ou la Belgique avec Milan et Brindisi. Il faut donc comprendre Colladon comme un ingénieur cosmopolite et visionnaire, qui est pourtant toujours attaché à son pays et fier de sa participation, par l'immense chantier du Gothard, à la pointe de la modernité industrielle.

Rapport du président annuel

Raffaele Peduzzi

Avec le thème "La recherche alpine et les transversales" l'assemblée annuelle s'est tenue à Airolo - St.Gothard - Piora, du 23 au 26 septembre 1998, sur invitation de la Société Tessinoise de Sciences Naturelles (STSN), de la Fondation du Centre de Biologie Alpine de Piora (CBA) et de l'Association de la Suisse Italienne pour la Recherche Biomédicale (ASIRB).

Pour la première fois la manifestation avait lieu dans une infrastructure militaire: la Caserne "5 étoiles" de Airolo-Bedrina. Ainsi, la Place d'Armes d'Airolo a été transformée pour l'occasion en Campus académique, une sorte d'Université alpine aux pieds du Gothard complétée par les modernes laboratoires placés à 2000 m d'altitude à Piora.

Les 45 sociétés scientifiques et commissions inscrites ont pu tenir leurs sessions spécialisées et leurs réunions sur la même surface et favoriser ainsi des échanges fructueux interdisciplinaires. On a pu disposer d'un total de 16 salles de conférences qui ont fonctionné en parallèle du jeudi 24 au vendredi 25 septembre. On a utilisé aussi le salon Olimpia et la salle de la bourgeoisie (Sala Patriziale) près de la gare CFF d'Airolo.

Pendant les quatre journées de congrès plus de 1000 personnes ont participé aux assises scientifiques et administratives. Dans 22 symposiums spécialisés ont été présentées 138 conférences par 166 auteurs. En outre, nombreuses présentations sous forme de posters, de la part de jeunes chercheurs ont animé les séances des sociétés. Nous avons pu offrir 18 conférences plénières d'intérêt général et 7 possibilités d'excursions scientifiques et culturelles.

La quasi totalité des sociétés ont fait l'effort de respecter les manifestations communes prévues par les organisateurs, notamment: l'Assemblée avec la cérémonie inaugurale, le Symposium principal, le Forum et les conférences ouvertes au public, ainsi que l'excursion dans le Val Piora du samedi 26 septembre.

L'ouverture de **l'Assemblée annuelle de l'ASSN** a eu lieu dans la Salle Lucendro en présence de nombreux représentants des autorités politiques et universitaires. En particulier: le Conseiller d'état Giuseppe Buffi, directeur du Dép. instruction et culture du Canton du Tessin; le responsable de l'Office cantonal pour les études universitaire Dr. M.Martinoni; le maire d'Airolo M.Chinotti; le secrétaire général du Conseil Suisse de la Science et président de la SUPSI (Scuola Universitaria Professionale della Svizzera Italiana) Prof. M.Poglia.

Lors de l'ouverture le président annuel insistait sur l'importance et le rôle de la Région du St.Gothard et de Piora pour les sciences naturelles: "*Les naturalistes ont toujours eu un penchant pour la région du St. Gothard et Piora*". En faisant mention à l'article de vulgarisation scientifique "Deux siècles de recherche scientifique" publié avec une bibliographie de 200 titres, a retracé les étapes de la fréquentation de la Région à des buts scientifiques et l'intérêt que l'ASSN y a toujours porté.

Le président central Prof. B.Hauck a aussi souligné l'importance de la part de l'ASSN de poursuivre l'effort dans la recherche alpine et la longue tradition qui a porté à institutionnaliser la collaboration européenne dans ce domaine.

Il faut remarquer que l'ASSN, après une absence de 25 ans du Tessin, a siégé pour la première fois dans une Suisse italienne devenue universitaire. Pour souligner l'événement l'Académie d'architecture de la nouvelle USI a participé comme hôte d'honneur.

Pendant la cérémonie inaugurale, le Prof. Marino Buscaglia de l'Université de Genève, biologiste et spécialiste de l'histoire de la méthode scientifique, a donné une conférence sur l'**"Histoire de la technique et histoire de la science"**.

Le Prix Schläfli a été remis à la mathématicienne Viviane Baladi, maître d'enseignement et de recherche à l'Université de Genève par le Prof. S.D.Chatterji, président de la section VII.

Le Symposium principal sur le thème annuel **"La recherche Alpine et les transversales"** a vu la présentation de quatre conférences sur des aspects différents:

- les problèmes géologiques, notamment avec le Prof. A.Pfiffner;
- sur le rôle économique par le Prof. R.Ratti;
- sur le climat dans les tunnels par le Prof. O.Bratschi;
- l'aménagement de l'environnement lors de l'ouverture de chantier en altitude par l'Ing. W.Schneebeili.

Les conférences ont répondu à la nécessité d'informer sur des problèmes très techniques de façon claire, sur la recherche scientifique et notamment sur le défi scientifique constitué par la transversale Alpine.

Le Forum public, sur le thème **"Le paysage alpin dans le conflit énergie et environnement"**, était organisé par la Société Suisse de Physique. Participaient au podium quatre relâteurs spécialistes dans les différents domaines.

Parallèlement, sur la place circulaire devant la caserne se tenait une exposition de voitures électriques.

En ce qui concerne les **relations publiques** et **l'image de l'ASSN** la manifestation a été bien "couverte" par les "mass-media", notamment par la Télévision de la Suisse italienne (TSI) dans les services quotidiens de l'actualité. En outre la TSI, à l'ouverture du congrès, a proposé un approfondissement sur la recherche lors d'une émission d'information scientifique **"Chi ricerca, trova"**, film original suivi d'un débat auquel participait aussi le président annuel et le Prix Nobel de médecine R.Dulbecco.

Les trois chaînes radio de la Suisse italienne ont aussi donné leur contribution avec des interviews et deux émissions de "squadra esterna" en direct du congrès, pendant les après-midi de jeudi et de vendredi.

Les trois quotidiens tessinois avant l'ouverture et pendant la durée du congrès ont publié plusieurs articles sur le déroulement des travaux, mettant en évidence les aspects le plus intéressants. La Tessiner Zeitung a publié un service spécial sur **"Airolo als Zentrum für die Alpenforschung"**. La presse nationale a aussi parlé de l'événement, en particulier la Neue Zürcher Zeitung et Le Temps ont publié des services dédiés au congrès.

A l'ouverture du Congrès au moyen d'une conférence de presse nous avons en outre présenté deux livres, publiés pour les journées de l'Académie.

En effet, nous avons édité dans la collection *Documenta* de l'Institut italien d'hydrobiologie (volume 63) une monographie de 150 pages ayant pour titre "*Lake Cadagno: a meromictic alpine lake*", dans laquelle apparaissent 18 contributions sur les différents aspects de la biologie du lac et de ses environs. Comme auteurs apparaissent plusieurs collaborateurs de l'Institut cantonal de bactériologie de Lugano, des Universités de Genève et de Zurich, ainsi que des doctorants et des diplômés inscrits dans ces deux universités.

Un deuxième livre a été édité à l'occasion du Congrès de l'ASSN98, sous le titre "*La Regione del San Gottardo: Val Piora, Val Lucendro e Val Canaria*". Nous avons rassemblé et refondu les rapports des cours de perfectionnement des enseignants des écoles de Viganello. Il s'agit d'un texte de vulgarisation scientifique qui s'adresse aux instituteurs, mais aussi aux randonneurs qui visitent la Région du S.Gothard avec les yeux du naturaliste.

Il faut aussi souligner le succès du Banquet officiel sous forme de **Grand Buffet** avec 200 participants, qui a eu lieu au restaurant de la nouvelle Fromagerie de démonstration d'Airolo. Ainsi que le traditionnel **Dîner des invités**, excellemment organisé à l'Hôtel Forni le mercredi soir. Les deux soirées récréatives ont été animées par de la musique.

Les congressistes ont pu visiter l'exposition de l'AlpTransit "*Voyage entre le projet et la réalisation, prochain arrêt: AlpTransit St.Gothard*", dont le vernissage a eu lieu lors de l'ouverture officielle avec un discours du responsable du secteur sud Ing. R.Ghiggia. Plusieurs écoles du Canton ont eu la possibilité de parler avec les spécialistes de l'AlpTransit lors de leur visite.

Une deuxième **exposition** "*La recherche au Tessin*", sous forme de panneaux, a illustré des projets de recherche en sciences naturelles dont plusieurs sont financés par le Fonds National. Les participants ont ainsi pu se rendre compte de l'importance de ce secteur dans la Suisse italienne.

L'**excursion "officielle"** a eu lieu au Val Piora. Nous avons suivi un parcours écologique et historique, en partant du barrage du Lac Ritom, pour rejoindre le Centre de Biologie Alpine, où le travail effectué dans ce "Laboratoire pluridisciplinaire" pour l'étude des milieux d'altitude, notamment hydriques, a été illustré. Le Centre est mis à la disposition des scientifiques des universités suisses et étrangères pour des séjours d'enseignement ou de recherche.

A Piora avait lieu à la présence du maire de Quinto F.Cieslakiewicz une cérémonie informelle de clôture de la 178^{ème} Assemblée de l'ASSN avec 80 participants, dont plusieurs membres du Comité central.

Il faut aussi mentionner que la Commune de Quinto a voulu souligner l'importance de notre Réunion en émettant, le jour de l'ouverture du Congrès, un nouveau tampon postal avec le logo du Centre de Biologie Alpine, ce qui démontre combien l'événement a été ressenti par la population de la Haute Leventina et tessinoise en général.

En ce qui concerne les **conférences ouvertes au public**, un grand succès a eu la conférence de l'Arch. Mario Botta avec le titre "Le paysage et l'architecture". Le but était d'informer et impliquer un public vaste sur les grands projets réalisés dans le respect du paysage et les études d'impact ouverts aux débats actuels.

On a aussi enregistré un succès de participation pour la conférence publique portant sur l'illustration du dossier de candidature aux Jeux olympiques d'hiver (J.O.) "Sion 2006" sous l'aspect

particulier des synergies de la Vallée de Goms avec le Haut-Tessin. Les présentations ont analysé comment limiter l'impact sur l'environnement lors de cette manifestation sportive (J.O. comme modèle pour exercer les sports d'hiver dans le respect de la nature) et les aspects sur le développement durable.

L'intéressant débat sur l'opportunité constitué par cette manifestation internationale pour le Haut Tessin a fait l'objet d'un acte parlementaire au Grand Conseil du Canton du Tessin.

Conclusions

Lors de la présentation de la candidature d'Airolo au Sénat de l'ASSN nous savions de proposer une Région sans traditions de congrès. Grâce à la confiance qui nous a été accordée, nous avons pu démontrer non seulement la faisabilité, mais aussi l'importance scientifique et la centralité du lieu; notamment la richesse en voie d'accès a permis de nous rencontrer nombreux au "Coeur des Alpes" avec un thème approprié. Reste la satisfaction d'avoir gagné le défi de l'organisation d'une Assemblée d'une telle importance scientifique et d'une telle envergure numérique de participations.

Nous formulons nos vifs remerciements à tous ce qui ont contribué à cette réussite.

Prof. Raffaele Peduzzi

directeur de l'Institut cantonal de bactériologie de Lugano

professeur à l'Université de Genève

président de la Fondation Centre de biologie alpine de Piora



Bibliografia

Piora e San Gottardo: due secoli di ricerca scientifica

Raffaele Peduzzi

1. BACHMANN H. - 1924. Der Ritomsee. Schweiz. Zeitschr. Hydrol. II, Heft 1/2: 7-28.
2. BACHMANN H. et al. - 1924. Hydrobiologische Untersuchungen der Ritomsee. Schweiz. Zeitschr. Hydrol. II, Heft 3/4: 1-28.
3. BACHMANN H. - 1928. Das Phytoplankton der Pioraseen nebst einigen Beiträgen zur Kenntniss des Phytoplanktons schweizerischer Alpenseen. Schweiz. Zeitschr. Hydrol. V, Heft 1/2: 50-103.
4. BACHOFEN R., A.SCHENK - 1998. Quorum sensing autoinducers: Do they play a role in natural microbial habitats?. Microbiol. Res., 153: 1-3.
5. BAUERT M.R. - 1996. Genetic diversity and ecotypic differentiation in arctic and alpine populations of *Polygonum viviparum*. Arctic and Alpine Research, 28 (2): 190-195.
6. BECHERER A. - 1961. Bibliographie de la flore tessinoise 1910-1960. Misc, Bot, 365 12a. Boll. Soc. Ticinese di Scienze Naturali, année LIV, 1959/ 60.
7. BENGUIGUI I., 1994. La vie et l'oeuvre scientifique de Jean-Daniel Colladon. Archs Sci. Genève, 47 (1), 61-72.
8. BENSADOUN J.C., 1995. Caractérisation et dénombrement par épifluorescence d'une population bactérienne du monimolimnion du lac de Cadagno (TI). Lavoro di diploma Università di Ginevra.
9. BENSADOUN J.C., A.DEMARTA, M.TONOLLA, R.PEDUZZI - 1995. Description et distribution d'un morphotype bactérien abondant dans le monimolimnion d'un lac méromictique. In: Actes du 54.ème Congrès de la Société Suisse de Microbiologie, 119, Lugano.
10. BENSADOUN J.C., M.TONOLLA, A.DEMARTA, F.BARJA, R.PEDUZZI - 1998. Vertical distribution and microscopic characterization of a non-culturable microorganisms (morphotype R) of Lake Cadagno. Documenta, Ist. ital. Idrobiol., 63: 45-51.
11. BERNASCONI S., K.W.HANSELMANN - 1995. The influence of bacterial activity at the chemocline on particulate organic matter fluxes and nutrient cycling in meromictic Lake Cadagno in the Swiss Alps. In: Grimalt & Dorronsoro (Eds), Organic Geochemistry: Developments and applications to energy, climate, environment and human history. 17th Internat. Meeting on organic Geochemistry Donostia-San Sebastian: 1169-1170.
12. BERTONI R., C.CALLIERI, A.PUGNETTI - 1998. Dinamica del carbonio organico nel Lago di Cadagno e attività microbiche nel mixolimnion. Documenta, Ist. ital. Idrobiol., 63: 105-120.10.
13. BIANCONI F. - 1969. Laghi alpini del Ticino. Quaderni ticinesi, No. 12. Società ticinese per la conservazione delle bellezze naturali ed artistiche.
14. BINGGELI V. - 1965. Der Blockstrom im Val Cadlino. Regio Basiliensis, Heft VI/2.
15. BIRCH L., K.W.HANSELMANN, R.BACHOFEN - 1996. Heavy metal conservation in Lake Cadagno: historical records of anthropogenic emissions in a meromictic alpine lake. Wat. Res., 30: 679-687.
16. BORNER L. - 1920. Die Crustaceenfauna des Ritomsees und seines Deltas. Festschrift Zschokke, Basel.
17. BORNER L. - 1928. Die Bodenfauna des Lago Ritom und seines Deltagebietes vor der Absenkung (1916). Schweiz. Zeitschr. Hydrol. IV, Heft 1/2: 121-162.
18. BORNER L. - 1928. Die Bodenfauna des Lago Ritom und seines Deltagebietes vor der Absenkung (1916) II. Schweiz. Zeitschr. Hydrol. IV, Heft 3/4: 1-30.
19. BOSSHARD P.P., R.STETTLER, R.BACHOFEN - 1998. Molecular characterization and spatial distribution of the bacterial populations in the meromictic Lake Cadagno. Documenta, Ist. ital. Idrobiol., 63: 53-56.
20. BOSSHARD P.P., Y.SANTINI, D.GRUETER, R.STETTLER, R.BACHOFEN - 2000. Bacterial diversity and community composition in the chemocline of the meromictic alpine Lake Cadagno as revealed by 16S rDNA analysis. FEMS Microbial Ecology, 31: 173-182.
21. BOURCART F. - 1906. Les lacs alpins suisses, étude chimique et physique. Thèse présentée à l'Université de Genève. Georg & Co. Editeurs, Genève.
22. BRUTSCHY A. - 1931. Die Algenflora des Val Piora. Schweiz. Zeitschr. Hydrol. V, Heft 3/4: 120.
23. BURCKHARDT G. - 1910. Das Plankton des Lago Ritom unter dem Einfluss der Schwefelquellen.

- Verhandl. Schweiz. Naturforsch. Ges., 93: 302-303.
24. BURCKHARDT G. - 1943. Hydrobiologische Studien an Schweizer Alpenseen. Schweiz. Zeitschr. Hydrol. IX, Heft 3/4: 354-388.
 25. BUTLER S. - 1931. Alps and sanctuaries of Piedmont and the Canton Ticino. The life and Letters series No. 25 Jonathan Cape, London-Toronto. 1881, 1913, 1920, 1923, 1931.
 26. CHAVANNE A., 1991, Le genevois Colladon: un fameux perceur de tunnels. Il était sous la Manche en 1875. In: Au fil des Sciences, Ed. Georg, Genève.
 27. CHENEVARD P.- 1906. Remarques générales sur le Tessin. Boll. Soc. Tic. Sc. Nat., III:49.
 28. CHENEVARD P.- 1910. Catalogue des plantes vasculaires du Tessin. Mém. Inst. Nat. genevois, Vol. 21.
 29. CHIOVENDA - 1904-1906. Flora delle Alpi Lepontine. Roma.
 30. CHRIST H. - 1874 (réimpression en 1927). Vegetationsansichten aus den Tessiner Alpen. Jahrbuch der Schw. Alpen-Club, IX, Bern.
 31. COLLADON J.D., 1880, Tunnel du Saint Gothard: observations sur la rencontre de deux galeries d'avancement et sur les causes de la rapidité d'exécution des travaux. Arch. Sci. Genève, 3 (27), 381-401.
 32. COLLET L.W., R.MELLET, C.GHEZZI - 1918. Le lac Ritom. Département suisse de l'intérieur, Communication du Service des eaux No. 13: 101 pp. (Dr. C. Mutzner), Bern.
 33. COLLET L.W., R.MELLET - 1919. Le lac Ritom (haute Léventine, Tessin). Provenance de l'hydrogène sulfuré, abaissement du niveau du lac de 30 m. Arch. Sci. Phys. Nat., 5ème période, Vol. 1, année CXXIV Supp 1. Soc. Phys. et Hist. Nat. Genève, compte Rendu des séances.
 34. CROCE R. - 1966. La corporazione dei boggesi di Piora. L'Agricoltore ticinese, 11.
 35. DAL VESCO E. - 1964. Die geologischen Verhältnisse im Bereich der Piora-Mulde. Eidg. Amt für Strassen- und Flussbau. Eidg. Amt für Verkehr Gotthard-Basis Tunnel.
 36. DE BERNARDI R., G.GIUSSANI, R.MOSELLO, R.PEDUZZI - 1991. La limnologie alpine d'altitude: histoire et état actuel. In: J.P.Vernet (Ed). Hommage à F.A.Forel. Actes de la 3ème Conférence internationale des Limnologues d'expression française, Morges: 30-38.
 37. DE SAUSSURE H.B. - 1779/1796. Voyages dans les Alpes, 1775 & 1783, Excursions et récits sur la région du Gothard(réimpression Ed. Slatkine Genève, 1978).
 38. DEL DON C., - 1986. L'azione degli zolfobatteri fotosintetici nella zona di transizione ossidoriduzione del lago meromittico di Cadagno. Riciclaggio delle sostanze nutrienti e conseguenze sull'ecosistema del lago. Lavoro di diploma. Università di Zurigo.
 39. DEL DON C., M.TONOLLA- 1985. L'aspetto microbiologico della Meromissi del Lago di Cadagno. Unico nel genere in Svizzera. Uni Zürich. Mitteilungsblatt des Rektorates, Nr. 3/4.
 40. DEL DON C., K.W.HANSELMANN, R.PEDUZZI, R.BACHOFEN - 1985. Bakteriell regulierte Nährstoffzyklen im meromiktischen Lago di Cadagno (Ti). I.V.L. 22. Tagung der Schweizer Mitglieder, Bern.
 41. DEL DON C., K.W.HANSELMANN, R.PEDUZZI, H.ZUELLIG - 1985. Phototropic bacteria in the redox transition zone of Lago di Cadagno, a meromictic alpine lake. *Experientia*, 41: 554.
 42. DEL DON C., K.W. HANSELMANN, R.PEDUZZI, R.BACHOFEN - 1987. Seasonal dynamics of phototrophic bacteria in the redoxcline of the meromictic Lago di Cadagno (Tessin). Schweizerische Gesellschaft für Mikrobiologie, 46. Jahreskongress, Bern.
 43. DEL DON C., K.W.HANSELMANN, R.PEDUZZI, R.BACHOFEN - 1991. Environmental Regulation of Intracellular Stored Polymers in Chromatiaceae. 171^{ème} Assemblée annuelle Académie Suisse des Sciences Naturelles, Coire.
 44. DEL DON C., K.W.HANSELMANN, R.PEDUZZI, R.BACHOFEN - 1994. Biomass composition and methods for the determination of metabolic reserve polymers in phototrophic sulfur bacteria. *Aquat. Sci.*, 56: 1-15.
 45. DEL DON C., K.HANSELMANN, R.PEDUZZI, R.BACHOFEN - 1998. Orographical and geological description of meromictic Alpine Lake Cadagno. *Documenta, Ist. ital. Idrobiol.*, 63: 5-9.
 46. DEMARTA A., M.TONOLLA, J.C.BENSADOUN, R.PEDUZZI - 1994. Evolution temporelle de morphotypes bactériens sur la colonne d'eau d'un lac alpin meromictique (Lac de Cadagno). In: Actes du 53^{ème} Congrès de la Société Suisse de Microbiologie, Lucerne: 28.
 47. DEMARTA A., M.TONOLLA, A.CAMINADA, N.RUGGERI, R.PEDUZZI - 1998. Phylogenetic diversity of the bacterial community from the anoxic layer of the meromictic Lake Cadagno. *Documenta, Ist. ital. Idrobiol.*, 63: 19-30.
 48. DUBI H. - 1966. Zur Revision der Flora des nördlichen Tessin. *Schweiz. Bot. Ges.*, 76: 396-451.
 49. DUEGGELI M. - 1919. Die Schwefelbakterien. Neujahrsblatt 121 der Naturforschenden Gesellschaft Zürich.

50. DUEGGELI M. - 1924. Hydrobiologische Untersuchungen im Pioragebiet. Bakteriologische Untersuchungen am Ritomsee. Schweiz. Zeitschr. Hydrol. II, Heft 1/2: 62-205.
51. DUEGGELI M. - 1943. Der Einfluss eines Düngerversuches in Nante bei Airolo auf die Bakterienflora des Bodens. Schw. Bot. Ges., 53 A: 148-159.
52. EDER-SCHWEIZER J. - 1924. Chemische Untersuchungen am Lago Ritom vor und nach der Absenkung. Schweiz. Zeitschr. Hydrol. II, Heft 1/2: 28-64.
53. EGLI K., M.WIGGLI, J.KLUG, R.BACHOFEN - 1998. Spatial and temporal dynamics of the cell density in a plume of phototrophic microorganisms in their natural environment. Documenta, Ist. ital. Idrobiol., 63: 121-126.
54. EICHLER B., N.PFENNIG - 1988. A new purple sulfur bacteria from stratified freshwater lakes, *Amoebobacter purpureus* sp. nov. Arch. Microbiol. 149: 395-400.
55. ERNST F. - 1952. Biometrische Untersuchungen an schweizerischen Populationen von *Triturus alpestris* (Laur.). Rev. Suisse de Zool., Tome LIX. Fasc. 23: 400-417.
56. FISCHER C., M.WIGGLI, F.SCHANZ, K. W.HANSELMANN, R. BACHOFEN - 1996. Light environment and synthesis of bacteriochlorophyll by populations of *Chromatium okenii* in natural environments. FEMS Microbiol. Ecol., 21: 1-9.
57. FLORIN J. - 1946. Hydrozoologische Untersuchungen im Pioragebiet. Inédit, Commission d'Hydrobiologie de la Société Helvétique des Sciences Naturelles.
58. FRITZ M., R.BACHOFEN - 1998. Vertical distribution of volatile organic sulfur compounds in Lake Cadagno. Documenta, Ist. ital. Idrobiol., 63: 77-84.
59. FUHRMANN O. - 1897. Recherches sur la faune des lacs alpins du Tessin. Rev. Suisse de Zool., Tome IV, Fasc. 3: 489-533.
60. FURRER E. - 1953. Botanische Skizze vom Pizzo Colombe, einem Dolomitberg im Nordtessin. Ber. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich, 52 : 54-72.
61. GARWOOD E.J. - 1906. The tarns of the Canton Ticino. Quart. Journ. Geol. Soc., Vol. LXII: 165-193.
62. GEISSLER P., P.SELLDORF - 1986. Vegetationskartierung und Transektenanalyse im subalpinen Moor von Cadagno di fuori (Val Piora, Ticino). Saussurea. 17: 35-70.
63. GEMNETTI G. - 1937. L'origine dei laghetti di Piora. Istituto Editoriale Ticinese, Bellinzona.
64. GHIDINI A. - 1910. L'ittiofauna del Cantone Ticino nel 1910. Boll. Soc. Ti. Sc. Nat., 6.
65. GIUSSANI G., R.DE BERNARDI, R.MOSELLO, I.ORIGGI, T.RUFFONI - 1986. Indagine limnologica sui laghi alpini d'alta quota. Documenta Ist. ital. Idrobiol., 9 : 415 pp.
66. GUETTINGER W., F.STRAUB - 1998. Diatoms of Lake Cadagno. Documenta, Ist. ital. Idrobiol., 63: 57-64.
67. GUSCETTI G. - 1995. Centro di Biologia Alpina di Piora. Rivista tecnica, 4: 38-41.
68. GUSCETTI G., P.CORNEO - 1968. Laghi alpini di Leventina. Descrizione delle specie di trota entranti in considerazione per il ripopolamento dei nostri laghi alpini. L'Acquicoltura Ticinese, Anno LII, N. 2.
69. HANSELMANN K.W. - 1985. Lago Cadagno. Ein "Reagensglas" für Umweltforschung in der Natur. Neue Zürcher Zeitung (Forschung und Technik), 121, 28, 5.
70. HANSELMANN K.W., M.TONOLLA, C.DEL DON, R.PEDUZZI, R.BACHOFEN - 1987. Diurnal phototactic behavior of Chromatiaceae in a meromictic alpine lake (Lago di Cadagno, Tessin). Schweizerische Gesellschaft für Mikrobiologie, 46. Jahreskongress, Bern.
71. HANSELMANN K.W., R.ISRANG, C.DEL DON, M.TONOLLA, R.BACHOFEN - 1991. Chemo- and phototactic behavior of phototrophic sulfur bacteria under natural conditions in Lago di Cadagno, a meromictic lake. In: Actes du 50ème Congrès annuel de la Société Suisse de Microbiologie, 4-6 avril, Bâle: 129.
72. HANSELMANN K., R.HUTTER - 1998. Geomicrobiological coupling of sulfur and iron cycling in anoxic sediments of a meromictic lake: sulfate reduction and sulfide sources and sinks in Lake Cadagno. Documenta, Ist. ital. Idrobiol., 63: 85-98.
73. HOFER J. - 1899. Notizen über die Fischfauna des Kantons Tessin. Schweizerische Fischerei-Zeitung.
74. ISTITUTO CANTONALE BATTERIOSEROLOGICO e CENTRO DIDATTICO CANTONALE, a cura dei docenti della Scuola elementare di Viganello - 1998. La regione del San Gottardo: Val Piora, Val Lucendro, Val Canaria: 188 pp.
75. JAAG. O. - 1944. Di spontane Begrünung der zeitweise überstauten Uferhalden verschiedener Stauseen. Archivio Centro di Biologia Alpina, Piora.
76. JAAG. O., E.MAERKI - 1964. Untersuchungen über die Trübungsverhältnisse, die Durchsichtigkeit und die Wasserfarbe in schweizerischen Gewässer. Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie, XXI (1): D8, 29-30.

77. JAECKLI H. - 1957. Gegenwartsgeologie des bündnerischen Rheingebietes. Beiträge zur Geologie der Schweiz. Geotechnischen Serie, Lieferung 36. Kümmerly & Frey, Bern.
78. JAEGLI M. - 1944. Bryophytes du Val Piora. Rev. bryol. lichén. 13: 98-104.
79. JAEGLI M. - 1953. Cenni sulla Flora Ticinese. Istituto Editoriale Ticinese, Bellinzona.
80. JOSS A., K.MEZ, B.KAENEL, K.W.HANSELMANN, R.BACHOFEN - 1994. Measurement of fluorescence kinetics of phototrophic bacteria in the natural environment. J. Plant Physiol., 144: 333-338.
81. JURI R., E.ZOLLIKOFER - 1949. Ein Beitrag zur Monographie des Piorakäses. Schweizerische Milchzeitung, 75. J., No. 4,6,8.
82. KLOETZLI F., M.MEYER, S.ZUEST - 1973. Val Piora, Exkursionsführer 72-19. Separatdruck aus Berichte des Geobot. Inst. ETH. Stiftung Rübel, Zürich: 51.
83. KNOLL-HEITZ F. - 1991. Piora: concetto per la conservazione di un paesaggio. WWF Sezione Svizzera italiana: 303 pp.
84. KNOLL W. - 1969. Piano di sistemazione della regione di Piora-Cadlimo (studio preliminare). Lega svizzera per la protezione della Natura, Sezione Ticino.
85. KOBLET R. - 1969. Nante: Wandlungen eines Tessiner Berdorfes. Geographica Helvetica, 3 (24):143-145.
86. KOCH W. - 1928. Die höhere Vegetation der subalpinen Seen und Mooregebiete des Val Piora. Schweiz. Zeitschr. Hydrol. IV, Heft 3/4:131-175.
87. KRIGE L.J.- 1918. Petrographische Untersuchungen im Val Piora und Umgebung. Ecologiae geologicae Helveticae, Vo. XIV.
88. KUENDIG E., F.DE QUERVAIN - 1941. Fundstellen mineralischer Rohstoffe in der Schweiz. Geotechnische Kommission der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft, Kummerli & Frey, Bern.
89. KUTZNER G. - 1930. Tessiner Alpen. Clubführer des S.A.C., 2, Auflage.
90. LAUTENACH - 1914. Die kleinen Seebecken der Tessinalpen. Zeitschrift für Gletscherkunde No. 9
91. LAVIZZARI L. - 1863. Escursioni nel Cantone Ticino. Stampato a Lugano. (ristampa Ed. Dadò, Locarno, 1988).
92. LENTICCHIA A. - 1896. Contribuzioni alla Flora Svizzera ital., Nuovo Giornale bot. ital., Vol. III: 1.
93. LEHMANN C., L.LUETHY, R.BACHOFEN - 1998. Tools for the evaluation of sources and sinks of sulfide in Lake Cadagno. Documenta, Ist. ital. Idrobiol., 63: 99-104.
94. LEHMANN C., R.BACHOFEN - 1999. Images of concentrations of dissolved sulfide in the sediment of a lake and implications for internal sulfur cycling. Sedimentology, 46: 537-544.
95. LOCATELLI R. - 1985. Piora. Insetto speciale del Giornale del popolo, 13 aprile 1985: 9-12.
96. LUEDI W. - 1948. Bericht über den sechsten Kurs in Alpenbotanik (Urner Reusstal und der Kanton Tessin). Ber. Geobot. Forschungsinstitut Rübel, Zürich: 12-50.
97. LUETHY L., M.FRITZ, R.BACHOFEN - 2000. In situ determination of sulfide turnover rates in a meromictic lake. Appl. Environ. Microbiol., 66: 712-717.
98. LUISET M.D. - 1888. Herborisation au Val Piora. Un récit d'herborisation dans les Alpes de Piora. Bull. soc. bot. de France, Vol. XXXV.
99. LURATI C. - 1858. Le fonti minerali ed il quadro mineralogico della Svizzera italiana. Tipografia Veladini & Co., Lugano.
100. MAERKI E. - 1946. Hydrochemische Untersuchungen im Pioragebiet. Inédit, Commission d'Hydrobiologie de la Société Helvétique des Sciences Naturelles.
101. MARRER H. - 1975. Zur fischereilichen Bewirtschaftung meromiktischer Alpenseen (Lago di Cadagno, Kt. Tessin). Schweiz. Zeitschr. Hydrol., 37: 213-219.
102. MESSIKOMMER E. - 1960. Algenflora der Gewässer des St. Gotthard Gebietes. Schweiz. Zeitschr. Hydrol., Festschrift O. Jaag : 177-222.
103. MOSELLO R., A.BOGGERO, M.CARMINE, A.MARCHETTO, A.SASSI, G.A.TARTARI - 1994. Ricerche idrochimiche sui laghi delle valli Ossola e Sesia (Alpi Pennine e Lepontine). Documenta Ist. it. Idrobiol., 46:435 pp.
104. NIGGLI P., H. PREISSWERK, O. GRUETTER, L. BOSSHARD, E. KUENDIG - 1936. Geologische Beschreibung der Tessiner Alpen zwischen Maggia und Blenioal. Beitr. zur Geol. Karte der Schweiz. Neue Folge 71 Lieferung.
105. NIGGLI P., J.KOENIGSBERGER, R.L.PARKER - 1940. Die Mineralien der Schweizeralpen. Bd. I u.II, B. Wepf & Co., Basel.
106. PASINI P., F.SCHANZ - 1998. Influence of UV-radiation on the primary production of two high mountain lakes in the Piora Region. Documenta, Ist. ital. Idrobiol., 63: 65-70.
107. PAVESI P. - 1871-72-73. I pesci e la pesca nel Cantone Ticino, 150 p. Tipografia Veladini & Co., Lugano.

108. PEDRAITA A. - 1966. La caccia nel Cantone Ticino. Edizione G. Casagrande SA, Bellinzona.
109. PEDUZZI R. - 1983. Piora. Due secoli di ricerca scientifica. Cooperazione n.37: 3.
110. PEDUZZI R. - 1983. Piora, un laboratorio naturale. Acquicoltura Ticinese, 67: 6-7.
111. PEDUZZI R. - 1983. Rapport Lac de Cadagno. Ecologie alpine et Hydrobiologie Microbienne. Université de Genève.
112. PEDUZZI R. - 1990. Etude d'un filtre bactérien retenant les composés toxiques et trophogènes dans un lac alpin (Lac de Cadagno, Massif du St.Gothard). Cahier de la Faculté des Sciences, Univ. Genève, 20: 121-133.
113. PEDUZZI R. - 1991. Aspects chimiques, biologiques et bactériologiques d'un lac alpin méromictique (Lago di Cadagno, Suisse). In: Recherche alpine au passé, au présent et à l'avenir. 171ème Assemblée annuelle Académie Suisse des Sciences Naturelles, Coire.
114. PEDUZZI R. - 1992. Il Lago di Cadagno, un modello di meromissi crenogenica. In: Actes du Congrès international pour l'Ecologie de base "G.Gadio", Lugano: 28.
115. PEDUZZI R. - 1992. Il nuovo Centro di biologia alpina di Piora. In: Actes du Congrès international pour l'Ecologie de base "G.Gadio", Lugano: 11.
116. PEDUZZI R. - 1993. Il Lago di Cadagno: un modello di meromissi crenogenica. Memorie Soc. Tic. Sc. Nat., 4: 87-94.
117. PEDUZZI R. - 1993. Il nuovo Centro di biologia alpina di Piora. Memorie Soc. Tic. Sc. Nat., 4: 25-31.
118. PEDUZZI R., P.CARONI - 1971. Le Centre d'écologie de Piora: une synthèse bibliographique, recueil du matériel pour la création d'un parc alpin et d'un laboratoire pour l'enseignement de l'écologie alpine. Université de Genève, Centrale des photocopies.
119. PEDUZZI R., I.BORRONI - 1980. Valutazione ittiologica del Lago di Dentro (Val Piora). Lo stato delle "trote canadesi" (*Salvelinus namaycush*). Acquicoltura Ticinese, 64: 30-34.
120. PEDUZZI R., A.DEMARTA, M.TONOLLA - 1982-2000. Cours pratique d'Hydrobiologie microbienne, Centre de Biologie Alpine de Piora. Laboratoire d'Ecologie microbienne de l'Université de Genève, Archivio Centro di Biologia Alpina, Piora.
121. PEDUZZI R., P.BOSCOLO - 1985. Valutazioni sui laghi alpini. Acquicoltura Ticinese, 69 (1):13-18.
122. PEDUZZI R., P.BOSCOLO, M.TONOLLA, C.DEL DON - 1987. Lago di Cadagno: marcatura e abbassamento artificiale, prime conclusioni. Acquicoltura Ticinese, 71 (4): 5-11.
123. PEDUZZI R., M.TONOLLA - 1989. *Chromatium okenii*, filtre bactérien retenant les composés toxiques et trophogènes dans un lac alpin (Lago di Cadagno, Suisse) - G 20. In: Actes du 2ème Congrès de la Société Française de microbiologie, Strasbourg: 151.
124. PEDUZZI R., M.TONOLLA, A.DEMARTA, C.DEL DON, K.HANSELMANN, R.BACHOFEN - 1991. Rôle de *Chromatium okenii* dans le métabolisme d'un lac alpin méromictique (Lago di Cadagno). In: J.P.Vernet (Ed.) Hommage à F.A.Forel. Actes de la 3ème Conférence internationale des Limnologues d'expression française, Morges: 183-189.
125. PEDUZZI R., A.DEMARTA, M.TONOLLA - 1993. Dynamics of the autochthonous and contaminant bacterial colonization of lakes (Lake of Cadagno and Lake of Lugano as model systems). In: J.P. Vernet (Ed), Studies in Environmental Science "Environmental contamination". Elsevier, New York, 55: 323-335.
126. PEDUZZI R., A.DEMARTA, F.BAGGI, V.GAIA, M.TONOLLA - 1998. Ecologia batterica: aspetti ambientali ed igienico-sanitari (*Chromatium okenii*, *Aeromonas*, *Helicobacter*). In: Problemi ambientali e sanitari nell'area mediterranea. Atti del Congresso Internazionale European Countries Biologist. Maratea, 10-13 ottobre 1997.
127. PEDUZZI R., A.DEMARTA, M.TONOLLA - 1998. The meromictic Lake Cadagno: an overview. Documenta, Ist. ital. Idrobiol., 63: 1-4.
128. PEDUZZI R., R.BACHOFEN, M.TONOLLA - 1998. Chronological list of publications on Lake Cadagno and Piora Valley. Documenta Ist. ital. Idrobiol., 63: 147-151.
129. PEDUZZI R., R.BACHOFEN, M.TONOLLA - 1998. Lake Cadagno: a meromictic alpine lake. Documenta, Ist. ital. Idrobiol., 63: 152 pp.
130. PERTY M. - 1849. Mikroskopische Organismen der Alpen und der italienischen Schweiz. Mitt. Naturf. es. Bern.
131. PERTY M. - 1850. Ueber der rotgefärbten Schnee des St. Gotthards vom 16/17 Februar 1850. Mitt. Naturf. Ges., Bern.
132. PINI E. - 1783. Memoria mineralogica sulla Montagna e sui contorni del San Gottardo, Milano.
133. PUTSCHEW A., B.M.SCHOLZ-BOETTCHER, J.RULLKOETTER - 1995. Early diagenesis of organic matter and related sulfur incorporation in surface sediments of meromictic Lake Cadagno in the Swiss

- Alps. In: Grimalt & Dorronsoro (Eds), Organic Geochemistry: Developments and applications to energy, climate, environment and human history. 17th Internat. Meeting on organic Geochemistry Donostia-San Sebastian: 1029-1032.
134. PUTSCHEW A., B.M.SCHOLZ-BOETTCHER, J.RULLKOETTER - 1995. Organic geochemistry of sulfur-rich surface sediments of meromictic Lake Cadagno, Swiss Alps. In: M.A.Vairavamurthy & M.A.A.Schoonen (Eds), Geochemical transformations of sedimentary sulfur. ACS Symposiums Series 612, Washington DC: 59-79.
 135. RICHARD O. - 1946. Bakteriologische Untersuchungen an Seen im Pioragebiet. Inedit Commission d'Hydrobiologie de la Société Helvétique des Sciences Naturelles.
 136. RICHARD O. - 1946. Das Vorkommen von Schwefelwasserstoff in Gewässern als Folge bakterieller Sulfatreduktionen. Schweiz. Zeitschr. Hydrol. X, Heft 2/3 : 124-151 (Ritom, Cadagno: 140).
 137. ROGER-SMITH H. - 1935. Piora. Quarterly Bulletin of the Alpine Garden Society, 3: 185-187.
 138. SANCISI M. - 1943. Les institutions communautaires d'une commune alpestre tessinoise - Quinto Haute Léventine. Thèse de Privat Doctent, Université de Genève.
 139. SCHANZ F., C.FISCHER-ROMERO, R.BACHOFEN - 1998. Photosynthetic properties and photoadaptation of phototrophic sulfur bacteria in Lake Cadagno (Switzerland). *Limnol. & Oceanogr.*, 43(6): 1262-1269.
 140. SCHANZ F., F.ELBER, J.HUERLIMANN - 1998. Ricerche algali nella regione di Piora: confronto dei risultati del periodo 1915-1928 e del 1987. *Boll. Soc. Tic. Sc. Nat.*, 76: 35-39.
 141. SCHANZ F., S.STALDER - 1998. Phytoplankton summer dynamics and sedimentation in the thermally stratified Lake Cadagno. *Documenta, Ist. ital. Idrobiol.*, 63: 71-76.
 142. SCHMID E. - 1951. Flora, Gotthardstrasse. Schweiz. Alpenposten, Bern: 22-24.
 143. SCHNEIDER U. - 1981. Phytoplankton und Primärproduktion in einigen Hochgebirgseen des Kantons Tessin. Dissertation, Universität Bern.
 144. SCHNEIDERFRANKEN I. - 1943. Richezze del suolo ticinese. Istituto Editoriale Ticinese, Bellinzona.
 145. SCHUERMANN A., J.MOHN, R.BACHOFEN - 1998. Denitrification studies in Piora: rates of N₂ and N₂O efflux. *Documenta, Ist. ital. Idrobiol.*, 63: 141-145.
 146. SELLDORF P., P.GEISSIER - 1984. Piora: un gioiello nelle nostre montagne. *Il nostro paese*, anno XXXVI: 325-340.
 147. SOLARI R. - 1966. Vent'anni di miglioramento alpestre nel Cantone Ticino, 1946-1966. Ufficio cantonale delle bonifiche fondiarie e del catasto, Bellinzona.
 148. STAPFER A. - 1991. Pollenanalytische Untersuchungen im Val Piora (Tessin). Ein Beitrag zur Klima- und Vegetationsgeschichte der Nacheiszeit. *Geogr. Helv.* 46: 156-164.
 149. SURBECK G. - 1917. "Über die Fische des Ritom-, Cadagno- und Tomsees im Val Piora", *Verh. Schweiz. Naturf. Ges.* 99, 1, 264-265.
 150. TADDEI C. - 1935. Flora di Piora. Spigolature botaniche. No. unico edito in occasione della inaugurazione della Capanna Cadagno, 7/7/1935, U.T.O.E., Lugano: 5-8.
 151. TADDEI C. - 1937. Dalle Alpi Lepontine al Ceneri. Istituto editoriale ticinese, Bellinzona.
 152. THELLUNG A. - 1951. Contribution à la flore du Tessin. *Boll. Soc. Bot. Genève 2ème série*, Vol. 42-43: 1-15.
 153. THOMMEN E. - 1946. Observation sur la flore du Tessin. *Boll. Soc. Ticinese di Scienze Naturali*: 41.
 154. THOMMEN E. - 1952. Contribution à la flore du Tessin. *Bull. Soc. Botanique de Genève*, V: 42/43.
 155. TONOLLA M. - 1987. Über das photochemotaktische Verhalten von Purpur schwefelbakterien in ihrer natürlichen Umgebung. Lavoro di diploma Università di Zurigo.
 156. TONOLLA M., K.W.HANSELMANN, R. PEDUZZI, R. BACHOFEN. - 1986. On the photo-chemotactic behavior of purple sulfur bacteria in their natural habitat. Universität Zürich, Institut für Pflanzenbiologie, Abt. Mikrobiologie and Ist. cant. Batteriologico, Lugano. SGM-PC1.
 157. TONOLLA M., K.W.HANSELMANN, R.BACHOFEN - 1987. High resolution syringe samplers for studies of microbial behavior in redox transition zones of aquatic systems. Schweizerische Gesellschaft für Mikrobiologie, 46. Jahreskongress, Bern.
 158. TONOLLA M., R.PEDUZZI - 1988. Problems in the survey of fish population in a meromictic alpine lake (Lago di Cadagno, Switzerland). In: 3th International Conference on the Conservation and Management of Lakes "Balaton '88". Keszthely, Hungary, 149, 1988.
 159. TONOLLA M., C.DEL DON, P.BOSCOLO, R.PEDUZZI - 1988. The problem of fish management in an artificially regulated meromictic lake: Lago di Cadagno (Canton du Tessin, Switzerland). *Riv. Ital. Acquacol.*, 23: 57-68.
 160. TONOLLA M., A.DEMARTA, D.SPAN, R.PEDUZZI - 1994. Examen microbien de la zone redox de

- deux lacs méromictiques (Lac Cadagno et Lac de Lugano). In: Actes de la 4.ème Conférence Internationale des Limnologues d'Expression Française, Marrakech (Maroc).
161. TONOLLA M., A.DEMARTA, J.C.BENSADOUN, R.PEDUZZI - 1994. Dynamique bactérienne (photo- & chimiotrophe) dans un lac alpin méromictique. In: Actes du colloque "Le point sur la microbiologie de l'environnement", Société Française de Microbiologie, Paris.
 162. TONOLLA M., A.DEMARTA, J.C.BENSADOUN, R.PEDUZZI - 1995. Analyse de morphotypes bactériens et hybridation in situ anti-ARN ribosomique dans un lac méromictique. Société Suisse de Microbiologie, 54^{ème} Assemblée annuelle, 23-24 mars, Lugano.
 163. TONOLLA M., A.DEMARTA, D.HAHN, C.CRIVELLI, R.PEDUZZI - 1996. Vertical distribution of bacterial populations in a meromictic lake determined by whole cell hybridization and total DNA stain. In: International Symposium on Subsurface Microbiology, Davos.
 164. TONOLLA M., A.DEMARTA, J.C.BENSADOUN, R.PEDUZZI - 1997. Examen microbien de la Redoxcline de deux lacs méromictiques (Lac de Cadagno e Lac de Lugano). In: Actes de la 4^{ème} conférence Internationale des Limnologues d'Expression Française. Hydroécologie appliquée, 2: 18 pp.
 165. TONOLLA M., A.DEMARTA, D.HAHN, R.PEDUZZI - 1998. Microscopic and molecular in situ characterization of bacterial populations in the meromictic Lake Cadagno. Documenta, Ist. ital. Idrobiol., 63: 31-44.
 166. TONOLLA M., A.DEMARTA, R.PEDUZZI - 1998. La chimica del Lago di Cadagno. Documenta, Ist. ital. Idrobiol., 63: 11-17.
 167. TONOLLA M., A.DEMARTA, R.PEDUZZI, D.HAHN - 1999. In situ analysis phototrophic sulfur bacteria in the chemocline of meromictic Lake Cadagno (Switzerland). Appl. Environ. Microbiol., 65: 1325-1330.
 168. TONOLLA M., A.DEMARTA, S.PEDUZZI, D.HAHN, R.PEDUZZI - 2000. In situ analysis of sulfate-reducing bacteria related to *Desulfocapsa thiozymogenes* in the chemocline of meromictic Lake Cadagno. Appl. Environ. Microbiol., 66 (2): 820-824.
 169. TORONI A. - 1968. La palude della Bedrina e la storia del ritorno della vegetazione forestale nel Ticino dopo la glaciazione di Würm. Edizione Pro Dalpe.
 170. TUERLER E.A. - 1891. Gotthard & Val Piora. (St.- Gotthard, Airolo und Val Piora). Geologische, botanische und zoologische Verhältnisse. Verlag Kaeser & Co., Bern.
 171. VILA X. - 1996. Composition and distribution of phototrophic bacterioplankton in the deep communities of several central European lakes: The role of light quality. Arch. Hydrobiol. Spec. Issues Advanc. Limnol., 48: 183-196.
 172. WAGENER S., N.PFENNIG - 1987. Monoxenic culture of the anaerobic ciliate *Trimyema compressum* Lackey. Arch. Microbiol., 149: 4-11.
 173. WAGENER S., S.SCHULZ, K.W.HANSELMANN - 1990. Abundance and distribution of anaerobic protozoa and their contribution to methane production in Lake Cadagno (Switzerland). FEMS Microbiology Ecology, 74: 39-48.
 174. WALLNER G., B.FUCHS, S.SPRING, W.BEISKER, RAMANN - 1997. Flow sorting of microorganisms for molecular analysis. Appl. Environ. Microbiol., 63: 4223-4231.
 175. WICKENHEISER E.B., K.MICHALKE, R.HENSEL, C.DRESCHER, A.V.HIRNER, B.RUTISHAUSER, R.BACHOFEN - 1998. Volatile compounds in gases emitted from the wetland bogs near Lake Cadagno. Documenta, Ist. ital. Idrobiol., 63: 137-140.
 176. WIGGLI M., A.SCHENK, T.HORATH, R.STETTLER, L.LUETHY, D.GRUETER, U.BUCHS, A.SMALLCOMBE, R.BACHOFEN - 1998. Chemical, physiological and molecular-biological investigations in the microbial mats West of Cadagno in the Piora Valley. Documenta, Ist. ital. Idrobiol., 63: 127-136.
 177. WIGGLI M., A.SMALLCOMBE, R.BACHOFEN - 1999. Reflectance spectroscopy and laser confocal microscopy as tools in an ecophysiological study of microbial mats in an alpine bog pond. J. Microbiol. Methods, 34: 173-182.
 178. WUEST A., 1994. Interaktionen in Seen: Die Biologie als Quelle dominanter physikalischer Kräfte. Limnologica 24 (2): 93-104.
 179. ZOLLER H. - 1960. Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetationsgeschichte der Insubrischen Schweiz. Denkschr. Schweiz. Naturf. Ges., 83: 45-156.
 180. ZSCHOKKE F. - 1928. Die Tierwelt des Kantons Tessin. Frobenius AG, Basel. La fauna del cantone Ticino. Traduzione di M. Gualzata. Tipografia Luganese, Lugano (1930).
 181. ZUELLIG H. - 1985. Pigmente phototropher Bakterien in Seesedimenten und ihre Bedeutung für die Seenforschung (mit Ergebnissen aus dem Lago Cadagno, Rotsee und Lobsigensee). Schweiz. Zeitschr. Hydrol. 47: 87-126.

La formation de la science moderne entre Renaissance et Baroque.

Marino Buscaglia

- ¹ BURK, 1972, *culture and Society in Renaissance Italy*, also edited under the title *Tradition and Innovation in Renaissance Italy*, Fontana 1974 / Allen G. Debus, 1970, *Man and Nature in the Renaissance*, Cambridge University Press. / William A. Emboden, 1987, *Leonardo da Vinci on plants and Gardens*. Dioscorides Press. / Marino Buscaglia 1992, *La méthode dans les sciences de la vie à la Renaissance: essai d'interprétation*. *Archs Sci, Genève*, 45: 29 -349 / Henri Milton et Vittorio Magnano Lampugnani, 1994, *Rinascimento da Brunelleschi a Michelangelo, la rappresentazione dell'architettura*, RCS Libri e Grandi Opere Ed. française Flammarion 1995./ Paolo Galluzzi 1995, *Les ingénieurs de la Renaissance de Brunelleschi à Léonard de Vinci*, Istituto e Museo di storia della Scienza et Cité des Sciences et de l'Industrie. / Roland Schaer (éd.)1996, *Tous les savoirs du monde*, Bibliothèque nationale de France, Flammarion. / Alexandre Vanantgaerden (ed.), 1997, *Erasme ou l'éloge de la curiosité à la Renaissance*, Editions de la lettre volée à la maison d'Erasme.
- ² *Philosophiae naturalis principia mathematica*, Londres 1687 / Michel Jeanneret, 1998, *Perpetuum mobile. Les métamorphoses du corps et des oeuvres de Vinci à Montaigne*, Macula.
- ³ BUSCAGLIA M.1992, *La méthode dans les sciences de la vie à la Renaissance: essai d'interprétation*. *Archs Sci, Genève*, 45: 297-349.
- ⁴ NATALE M., 1988, *Arte. Guide Bibliografiche*, Garzanti
- ⁵ COHEN B.I., 1989, *Revolution in Science*, Belknap Press of Harvard University Press
- ⁶ COHEN B.I., 1989, Op. cit.
- ⁷ respectivement de Tartaglia, Veranziano, Zonca, Bacon, Galilée
- ⁸ par exemple les anatomistes Vésale et Andernach publient la méthode d'anatomie de Galien
- ⁹ FINDLEN P., 1994, *Possessing Nature, Museums,Collecting, and Scientific Culture in Early Modern Italy*, University of California Press.
- ¹⁰ MATHÉ J., 1978, *Léonard de Vinci. Dessins Anatomiques* Liber et Minerva / Flavio Caroli, 1990, *Leonardo studi di fisiognomica*, Leonardo.
- ¹¹ MANDROU R., 1973, *Histoire de la Pensée européenne. 3 Des humanistes aux hommes des sciences* Seuil.
- ¹² BEMBO P., 1525, *Delle prose di M. Pietro Bembo nelle quali si ragiona della volgar lingua*.
- ¹³ DE LIBERA, 1989, *La philosophie médiévale*, Que sais-je? P.U.F.
- ¹⁴ SCHAEER R. (éd.) 1996, *Tous les savoirs du monde*, Bibliothèque nationale de France, Flammarion
- ¹⁵ Ces petits musées humanistes, souvent privés, rassemblaient des objets très disparates.
- ¹⁶ VITALIANI D., 1892, *Della vita e delle opere di Nicolò Leonico, Vicentino, Verona* / Luigi Livatino, 1981, *Ferrara e la sua Università*, Università degli Studi, Centro Stampa economato, pp. 259 260, 269 270 /cf. article dans Marino Buscaglia 1992, *La méthode dans les sciences de la vie à la Renaissance: essai d'interprétation*. *Archs Sci, Genève*, 45: 297 349.
- ¹⁷ à titre d'exemple cf. Franco Borsi et al (éds), 1976, *Roma antica e i disegni di architettura agli Uffizi di Giovanni Antonio Disio*, Officina Edizioni. Il faut se souvenir que tous les grands architectes de la Renaissance se sont adonnés à cet exercice.
- ¹⁸ Voir dans Marino Buscaglia 1992, Op. cit.
- ¹⁹ LABARRE A., 1970, *Histoire du livre*, P.U.F.
- ²⁰ *Journal des savants*, *Journal de Trévoux* etc.
- ²¹ *Lincae* de Rome (1602) *Cimento* de Florence (1657), *Royal Society for the Advancement of Science* de Londres (1662), *Académie Royale des Sciences de Paris* (1666) etc.
- ²² YATES F., 1964 *Giordano Bruno and the Hermetic tradition*, Routledge and Kegan Paul, The Univ. of Chicago.
- ²³ GRMEK M, 1990, *La première révolution biologique* Réflexions sur la physiologie et la médecine au XVII^e siècle, Pajot. / Grmek Mirko,1996, *Il calderone di Medea. La sperimentazione sul vivente nell'Antichità*. La Terza. 1997, *Le chaudron de Médée*, Institut Synthélabo pour le progrès de la connaissance.
- ²⁴ GILLE B., 1964, *Les Ingénieurs de la Renaissance*, Hermann / Paolo Galluzzi 1995, *Les ingénieurs de la Renaissance de Brunelleschi à Léonard de Vinci*, Istituto e Museo di storia della Scienza et Cité des Sciences et de l'Industrie
- ²⁵ NAMER E., 1970, *La philosophie italienne*, Seghers. / Ernst Bloch, 1972, *Vorlesungen zur Philosophie der Renaissance*, Suhrkamp.

- ²⁶ *Utopia* de Thomas Moore en 1516, *New Atlantis* de Bacon en 1624 publiée en 1627, *Città del Sole* de Campanella en 1602 qui est elle-même un musée éducatif, enfin *Grand Academy of Lagado* dans les «Gulliver's travels» de Swift en 1735 qui proposent une critique ironique des travers de la *Royal Society* de Londres.
- ²⁷ voir par exemple la *Divina Proportione* de Luca Pacioli (1445-1517) et *l'Underweysung der Messung* (1525) d'Albrecht Dürer.
- ²⁸ DELAUNAY P., 1962, *La zoologie au seizième siècle*, Hermann
- ²⁹ *Pisanello, le peintre aux sept vertus*, Réunion des Musées Nationaux.
- ³⁰ ARGAN G.C., 1952, Brunelleschi, Mondadori, en français Macula 1981
- ³¹ Sur Arcimboldo consulter Werner Kriegeskorte, 1993, *Giuseppe Arcimboldo, 1527-1593*, Taschen Verlag.
- ³² MOURLOT E., 1977, «Artifice nature» ou nature artificielle: les grottes médicéennes dans la Florence du XVI^e siècle, in *Ville et campagne dans la littérature italienne de la Renaissance*, pp. 303-342, Paris. / N. Miller, 1982, *Heavenly Caves, Reflections on the Garden Grotto*, Londres. / Philippe Morel, 1998, *Les grottes maniéristes en Italie au XVI^e siècle*, Macula.
- ³³ ROUSSEAU J.J., Lettres sur la musique de 1753 et 1756, in *Oeuvres Complètes vol. V. La Pléiade*, Gallimard.
- ³⁴ 1998 BUSCAGLIA M., 1999, La pratique, la figure et les mots dans les Mémoires d'Abraham Tremblay sur les Polypes (1744), comme exemple de communication scientifique, in *Le forme della comunicazione scientifica* a cura di Massimo Galuzzi, Gianni Micheli e Maria Teresa Monti, Franco Angeli.
- ³⁵ BERNARDI W. et GUERRINI L. (eds), 1999, *Francesco Redi, un protagonista della scienza moderna*, Olschki.
- ³⁶ DAMISCH H., 1987, *L'origine de la perspective*, Flammarion. / Henri Milton et Vittorio Magnano Lampugnani, 1994, *Rinascimento da Brunelleschi a Michelangelo, la rappresentazione dell'architettura*, RCS Libri e Grandi Opere, Ed. Française Flammarion 1995.
- ³⁷ MILTON H. et MAGNANO LAMPUGNANI V., 1994, *Rinascimento da Brunelleschi a Michelangelo, la rappresentazione dell'architettura*, RCS Libri e Grandi Opere, Ed. française Flammarion 1995.
- ³⁸ GEYMONAT L., 1957, *Galilée*, Lafont, 1992 Le Seuil.
- ³⁹ Dans le *Discours sur les deux nouvelles sciences* de 1638
- ⁴⁰ Ces observations sont consignées dans le *Sidereus Nuncius* de 1610.

Les géotransversales alpines: la contribution des tunnels de base et des profils sismiques à la compréhension de la géologie alpine à l'exemple de la zone de Piora

Adrian Pfiffner

- 1 ETTER U., 1986. Stratigraphische und strukturgeologische Untersuchungen im gotthardmassivischen Mesozoikum zwischen dem Lukmanierpass und der Gegend von Ilanz. Diss. Univ. Bern.
- 2 FREI, W. & PFIFFNER, O.A. 1991. AlpTransit - Schlussbericht Seismik 1990. BAV Vertrag 90.023/GeoExpert AG.
- 3 HERWEGH, M. & PFIFFNER, O.A. 1997: Gefügeuntersuchungen an Bohrekernen "Piora". Bericht im Auftrag (Nr. 97.30.130) der SBB Projektleitung AlpTransit Gotthard, Abschnitt Gotthard Basistunnel/SPM, 48S.
- 4 HERWEGH & PFIFFNER (1999) Die Gesteine der Piora-Zone. In: Vorerkundung und Prognose der Basistunnels am Gotthard und am Lötschberg, Löw, S. & Wyss, R. (Eds). Balkema Verlag, Rotterdam, im Druck.
- 5 PFIFFNER, O.A., LEHNER, P., HEITZMANN, P., MUELLER, ST. & STECK, A. (Eds.) 1997. Deep Structure of the Swiss Alps: Results of NRP 20. Birkhäuser Verlag, Basel, 380pp.
- 6 PROBST P., 1980. Die Bündnerschiefer des nördlichen Penninikums zwischen Valser Tal und Passo di San Giacomo. Beiträge zur Geologischen Karte der Schweiz. NF. 153, 64pp.
- 7 SCHAAD, W. & PFIFFNER, O.A. 1992. Genese des "zuckerkörnigen Dolomits". Forschungsauftrag des Bundesamts für Verkehr, der Schweizerischen Bundesbahnen und der PL Alp Transit.

Le rôle économique et politique de la ligne ferroviaire du St. Gothard: un regard historique et prospectif

Remigio Ratti

- ¹ RATTI Remigio, *La posizione concorrenziale del San Gottardo e il ruolo della Svizzera tra il primo traforo e la prospettata nuova linea ferroviaria*, in *Il San Gottardo e l'Europa*, Atti del convegno di studi promosso dalla Scuola Cantonale di Commercio, Bellinzona 14-16 maggio 1982, p. 163-210
- ² BYE M., *Relations économiques internationales*, Paris, 1965, p. 521.
- ³ PAILLARD A., *Les tarifs de chemin de fer en matière de marchandises : étude économique et historique*, Lausanne, 1945, p. 146 et ss.
- ⁴ CAMPONOVIO L., *La posizione economica dello spedizioniere*, Bellinzona, 1954, p. 33 et ss.
- ⁵ BAUER H., *L'histoire des chemins de fer suisses, dans Les chemins de fer suisses après un siècle, 1847-1947*, Neuchâtel, 1949, vol. 1, p. 114.
- ⁶ RATTI R., *I traffici internazionali di transito e la regione di Chiasso*, Fribourg, 1971
- ⁷ SACHS K., *Historique de l'électrification des chemins de fer suisses, dans Les chemins de fer suisses après un siècle*, Neuchâtel, 1949, p. 231 et ss.
- ⁸ KALT R., *Le trafic sur la ligne du Gothard, hier, aujourd'hui et demain*, dans *Le train du Gothard*, Lausanne, 1981, p. 220.
- ⁹ CFF, *Rapport de gestion 1978*, Berne, p. 7.
- ¹⁰ CFF, *Annuaire statistique des Cff*, Berne, 1980, p. 7.
- ¹¹ COOPERS&LYBRAND (February 1995), *Financial review of the Neue Alpen-Transversale project*, Report.
- ¹² CONSEIL FÉDÉRAL (juin 1996), *Message concernant la réalisation et le financement de l'infrastructure des transports publics*, Berne
- ¹³ Les normes Euro concernent les émissions polluantes
- ¹⁴ COMMISSION DE L'UE (Décembre 1995), *Livre vert : vers une tarification équitable et efficace dans les transports*, Bruxelles
- ¹⁵ COMMISSION DE L'UE (30.07.1996), *Livre blanc : une stratégie pour revitaliser les chemins de fer communautaires*, Com(96), Bruxelles
- ¹⁶ BEUTHE M., DEMILIE L., JOURGQUIN B. (décembre 1997), *The International Impacts of a New Road Taxation Scheme in Switzerland*, Group Transport&Mobility, Fucam, Mons.
- ¹⁷ SBB, *Voranschlag 1998*, Bern

L'importanza del San Gottardo nel progresso delle scienze

Avant propos

Marino Buscaglia et Raffaele Peduzzi

- ¹ On connaît le projet transnational du "Diamant alpin" soutenu par quatre pays, les expositions et nombreux colloques concernant les hommes et leurs cultures, la géologie, la météorologie, les faunes, les fleurs, les déplacements, le tourisme etc.
- ² Marino BUSCAGLIA, Michel DELALOY et Claude RAFFESTIN, 1998, *Les Alpes et la science: une relation complexe*. Institut universitaire Kurt-Bösch, Sion.
Albert V. CAROZZI, Bernard CRETZAZ et David RIPOLL, 1998, *Les plis du temps. Mythe, science et H.-B. de Saussure*. Musée d'Ethnographie, Annexe de Conches, Genève
Ulrich CHRISTOFFEL, 1963, *La montagne dans la peinture*, Club Alpin Suisse.
William HAUPTMAN, 1991, *Svizzera Meravigliosa. Vedute di artisti stranieri 1700-1914*. Electa.
Paul GUICHONNET, 1980, *Histoire et civilisation des Alpes*, Toulouse, Lausanne.
Suzanne HURTER, 1998, *Citoyens de Genève, Citoyens suisses*, Ed. Suzanne Hurter.
Martin KÖRNER et François WALTER (éds), 1996, *Quand la montagne aussi a une histoire; mélanges offerts à Jean-François Bergier*, Haupt, Berne.
Jean Claude PONT et Jan LACKI (éds), 2000, *Une cordée originale. Science et montagne*. Georg, Genève

La Maladie des tunnels: l'infestation ankylostomienne

Raffaele Peduzzi

1. BELLONI L. - 1962. La scoperta dell'Ankylostoma duodenale. Gesnerus, 19: 101-118.
2. BUGNION E. - 1881. On the epidemic caused by ankylosomum among the workmen in the St. Gothard Tunnel. British Medical Journal (March 12): 382.
3. CCTA / WHO - 1963. African Conference on Ancylostomiasis. Report. WHO Tech. Rep. Ser., 255: 5-27.
4. CHANDLER A.C. - 1961. Introduction to parasitology. 10a ed. Wiley & Sons, New York, pp. 822.
5. COLLADON J.D. - 1880. Le Tunnel du Saint Gothard. Observation sur la rencontre des deux galeries d'avancement et sur les causes de la rapidité d'exécution des travaux. Archives des sciences physiques et naturelles. Genève, 3: 27, 381-401
6. CONCATO L., E.PERRONCITO - 1880. Sur l'ankylostomiase. C R Seances Acad. Sci., Paris 90: 1373-5.
7. DE CARNIERI I. - 1989. Parassitologia generale e umana. Ed. Ambrosiana, Milano.
8. DUBINI A. - 1838. Nuovo verme dell'intestino umano. Omodei, Annali Universali di medicina, Milano, 5: 106.
9. GRASSI G. - 1878. Intorno all'Ankylostoma duodenale (Dubini). Gazzetta medica italiana Lombardia, 38: 451-454.
10. HOTEZ P., D.PRITCHARD - 1995. Les ankylostomes, fléaux mondiaux. Pour la Science, Ed. française de "Scientific american", 214: 76-82.
11. HUNTER J.M., L.REY, K.Y.CHU, E.O.ADEKOLU-JOHN, K.E.MOTT - 1994. Parasitoses et mise en valeur des ressources hydriques. Un impératif: la négociation intersectorielle. OMS, Genève.
12. JACQUEMIN P., J.L.JACQUEMIN - 1880. Parasitologie clinique. Ed. Masson, Paris.
13. LANGENFELD H. - 1981. Die Ankylostomiasis im Ruhrgebiet. Marburger Schriften zur Medizingeschichte 2, Verlag Peter Lang, Frankfurt am Main-Bern.
14. LOMBARD H.C. - 1880. La maladie des ouvriers employés au percement du Tunnel du Saint Gothard. Archives des Sciences physiques et naturelles, Genève, 3: 516-530.
15. PARONA E. - 1880. L'anchilostomiasi e la malattia dei minatori del Gottardo; note clinico-anatomiche. Annali Universali di Medicina e Chirurgia, Milano. 153: 177-202.
16. PARONA E. - 1880. L'estratto etereo di felce maschio e l'Anchilostomiasi dei minatori del Gottardo. Memoria letta alla Regia Accademica di Medicina.
17. PAWLOWSKI Z.S., G.A.SCHAD, G.J.STOTT - 1993. Infestation et anémie ankylostomiennes: méthodologie de la lutte. OMS, Genève.
18. PEDROZZI R. - 1976. Epidemiologische Daten zur Ankylostoma-Anämie in einem neuen Kolonisationsgebiet des peruanischen Urwaldes. Tesi di dottorato in medicina, Università di Zurigo.
19. PEDUZZI R., I.BORRONI - 1981. L'anemia del San Gottardo. Rivista medica della Svizzera italiana, 46 (6): 229-239.
20. PEDUZZI R., I.BORRONI - 1982. L'anémie du Saint Gothard (Parasitose due à *Ancylostoma duodenale*). Médecine et Hygiène, Genève 40: 1694-1709.
21. PEDUZZI R. J.C.PIFFARETTI - 1983. *Ancylostoma duodenale* and the Saint Gothard anaemia. British Medical Journal, 287: 1942-1945.
22. PEDUZZI R., E.PAGANO - 1992. Note recenti sui parassiti intestinali. Tribuna Medica Ticinese, 57: 190-195.
23. PEDUZZI R. - 1992. Risorgenza di parassitosi nel contesto regionale lacustre nel Canton Ticino. Riassunto della relazione tenuta all'Assemblea ordinaria autunnale della STSN il 24.11.90. Boll. Soc. Tic. Sci. Natur., Lugano, 80 (2): 15-20.
24. PERRONCITO E. - 1880. Observations helminthologiques et recherches expérimentales sur la maladie des ouvriers du Saint Gothard. Comptes rendus de l'Académie des Sciences, Paris: 1373-1375.
25. PERRONCITO E. - 1881. Traitement de l'anémie du Gothard par la fougère mâle.

- Revue médicale de la Suisse romande, 1: 163.
26. PERRONCITO E. - 1905. Address on Some Points Concerning Human Intestinal Parasites. Conferenza tenuta a Manchester il 27.01.1905, in occasione del conferimento del titolo di Dottore "honoris causa" in Scienze.
 27. PERRONCITO E. - 1910. La malattia dei minatori, dal S.Gottardo al Sempione: una questione risolta. Ed. Carlo Pasta, Torino.
 28. SONDEREGGER - 1880. Die kranken Gotthardtunnel-Arbeiter. Bericht an das Eidg. Departement des Innern. Correspondenz-Blatt für Schweizer Aerzte, 7: 393-396.
 29. SONDEREGGER - 1880. Ankylostoma duodenale. Correspondenz-Blatt für Schweizer Aerzte, 7: 646-648.
 30. VOLANTE G. - 1906. Intorno alle condizioni igieniche e sanitarie in cui si svolsero i lavori della Galleria del Sempione. Ed. Eredi Botta, Torino.

Le Saint Gothard dans l'historiographie sociale

Orazio Martinetti

- ¹ Réédition 1980
- ² *Versuch einer Gotthardbahn-Literatur (1844-1882)*. Zusammengestellt von Emil Motta, Basel, H. Georg's Verlag, 1882.
- ³ Fondation Ticino nostro, Lugano, 1985.
- ⁴ Z-Verlag, Basel, 1977.
- ⁵ *Il San Gottardo e l'Europa*. Genesi di una ferrovia alpina 1882-1982. Atti del convegno di studi, Bellinzona, 14-16 maggio 1982, Salvioni, 1983.
- ⁶ Voir son essai dans la revue *Médecine et Hygiène*, n. 40, 1982.
- ⁷ Bauer, Ernst: *Allgemein medizinische, gerichtlichmedizinische und statistische Untersuchungen über die Unfallverhältnisse ben den grossen schweizerischen Tunnelbauten der letzten 50 Jahre*, Diss. Med., Zürich, 1908; Hoffmann, Edwin: *Medizingeschichtliche Beiträge zur Baugeschichte der Gotthardbahn*, Diss. Med., Bern, 1950
- ⁸ Voir la lettre du médecin Ferdinando Giaccone publiée en appendice à mon essai *Minatori, terrazzieri e ordine pubblico. Per una storia sociale delle grandi opere ferroviarie ticinesi 1872-1882*, AST n. 9, Bellinzona, 1982: "Addetti ai lavori [à Airolo n.d.r.] vi sono pure impiegati ed operai francesi, di cui alcuni compromessi come comunardi, non son ben visti perché forestieri, sono in numero infinitamente inferiori ai nostri, eppure non ebbero mai a subire insulti, né essere arbitrariamente arrestati come gl'italiani".

Colladon: l'assistente di Ampère che lavorò ad Airolo

Raffaele Peduzzi

- ¹ CHAVANNE A., 1991, Le genevois Colladon: un fameux perceur de tunnels. Il était sous la Manche en 1875. In: *Au fil des Sciences*, Ed. Georg, Genève.
- ² COLLADON J.D., 1880, Tunnel du Saint Gothard: observations sur la rencontre de deux galeries d'avancement et sur les causes de la rapidité d'exécution des travaux. *Archs Sci. Genève*, 3 (27), 381-401.
- ³ BENGUIGUI I., 1994, La vie et l'oeuvre scientifique de Jean-Daniel Colladon. *Archs Sci. Genève*, 47 (1), 61-72.

Jean-Daniel Colladon et les technologies de percement

Marino Buscaglia

- ¹ Canal de Suez en 1869, tunnel du Fréjus en 1880 et du Gothard en 1882.
- ² 1500 lettres de 300 correspondants dont François Arago, Ampère, Elie Wartman etc.
- ³ Conseil représentatif (1834-1842) / Grand Conseil (3x de 1846 à 1854) / Conseil municipal (de 1843 à 1862)
- ⁴ mécanique, application de la chimie à l'industrie - influence de Dumas-, application militaire etc., machines à vapeur anglaises.
- ⁵ Etudes sur la compression des liquides, la perforatrice à air comprimé, les foreuses et plus tardivement sur l'Hygiène des tunnels.
- ⁶ Mesure de la vitesse du son, étude sur la grêle, l'électricité, etc.
- ⁷ Propagande, efficacité, défense professionnelle, problématique industrielle et économique, idée du progrès centrée sur les acquis techniques.
- ⁸ Concepts modifiés de McKean et Ferroux.
- ⁹ Tunnel du Vorarlberg, 10270m. / Tunnel du Fréjus ou Mont-Cenis (1871), 12230m. / Tunnel de Hoosac aux USA (1874), 7634 m. / Tunnel du Saint Gothard (1882), 14920 m.
- ¹⁰ Par exemple dans son rapport lors de l'Assemblée de la Société Helvétique qui se réunit à Andermat le 19 sept 1875.
- ¹¹ Première controverse à propos du transport de l'énergie (câble de Maus, air comprimé) / Seconde controverse à propos de la conversion de l'énergie hydraulique en énergie mécanique (béliet, pompes couplées et branchées sur une turbine) / Troisième controverse à propos du refroidissement des cylindres de pompe (pompe Colladon) / Défense des brevets (air comprimé, refroidissement des pistons de pompe par injection de vapeur d'eau) / Défense de la gestion économique de Favre / Défense des choix technologiques faits au Gothard / Controverse avec l'ingénieur chef du chantier du Gothard à propos de l'adduction d'eau (non respect des conventions signées).
- ¹² La vitesse de percement fut double de celle du Fréjus mais trois fois moins coûteuse.
- ¹³ Il utilise l'air comprimé dès 1848 et le brevète en 1852 et 1863
- ¹⁴ Selon Colladon l'utilisation en double emploi de l'air pulsé dans les perforatrices pour la translation de l'énergie (système Colladon) et pour l'aération du tunnel, permettaient un excès de renouvellement par rapport aux besoins.
- ¹⁵ Cf. l'article de Raffaele Peduzzi dans ce volume.
- ¹⁶ Serge Paquier, Isac Benguigui, Jacques Trembley, Suzane Hurter etc.
- ¹⁷ Cf. les rapports hebdomadaires de Maury dans Colladon 1885

BIBLIOGRAPHIE PRIMAIRE

Jean-Daniel Colladon et C. Sturm, 1827, *Mémoire sur la compression des liquides*, Mémoires de l'Acad. des Sc. (Paris) 11 juin 1927.

Jean-Daniel Colladon, 1871, *La perforation mécanique au tunnel des Alpes*, présenté à la Soc. des Arch. et Ing. suisses, le 3 octobre 1871. C.R. de la vingt-quatrième assemblée de la Société suisse des Ingénieurs et Architectes, 2-3 octobre 1871, Genève, Bonnant, Genève.

Jean-Daniel Colladon, 1875, Les travaux mécaniques pour le percement du tunnel du Saint Gothard, *Soc. hélv des sciences naturelles*, Andermatt, 13 septembre 1875. *Arch. des Sciences de la Bibliothèque Universelle*, décembre 1875, Ramboz et Schuchardt, Genève

Jean-Daniel Colladon, 1876, *Die maschinellen Arbeiten zur Durchbohrung des Gotthardtunnells*, Zurich, Orell Füssli.

Jean-Daniel Colladon, 1878, Sur les travaux du tunnel du Saint Gothard, *C.R. Acad. Sc. (Paris)*, LXXXVII, 9 décembre 1878

Jean-Daniel Colladon, 1879, *Die Tunnel-Unternehmung und die Gotthardbahn-Gesellschaft. Notizen und Betrachtungen*, Genf, Jukius Wilhelm Fick

Jean-Daniel Colladon, 1879, *L'entreprise du tunnel et la compagnie du Gothard, notes et réflexions au Haut Conseil Fédéral et aux Chambres Fédérales suisses*. Jules-Guillaume Fick.

Jean-Daniel Colladon, 1880, *Monitore delle strade ferrate*, 23 juin 1880.

Jean-Daniel Colladon, 1880, *Note au sujet de la rencontre des deux galeries d'avancement du grand tunnel du Saint Gothard*, C.R. Acad. Sc. (Paris) XC : 1-5.

Jean-Daniel Colladon, 1880, *Mémoire sur les travaux d'avancement du tunnel du Saint Gothard et sur le raccordement exact des deux galeries effectué le 29 février 1880*, Paris, E. Capiomont, Extrait de la Société des Ingénieurs civils

Jean-Daniel Colladon, 1880, *Note historique sur les procédés de percements utilisés au tunnel du Mont-Cenis*.

Jean-Daniel Colladon, 1880, *Le tunnel des Alpes*. Aux rédacteurs de la République Française, 10 septembre 1880

Jean-Daniel Colladon, 1880, *Lettre de lecteur* à la Revue Industrielle (Paris), 20 septembre 1880, à propos de la polémique avec Dufresne Sommeiller.

Jean-Daniel Colladon, 1880, *Note sur les inconvénients et les difficultés du tunnel étudié sous le Mont-Blanc et de ses ligne d'accès projetées. Avantages incontestables d'un chemin de fer international par le Simplon*, Schuchardt, Genève.

Jean-Daniel Colladon, 1880, *Seconde notice sur la question Simplon ou Mont-Blanc. Réponse à une lettre publiée par M. le Sénateur Chardon*. Schuchardt, Genève.

Jean-Daniel Colladon, 1882, *Les procédés hygiéniques pour le percement des longs tunnels à ciel fermé. Moyens d'aération et de refroidissement*, Quatrième Congrès international d'Hygiène et de démographie, Genève du 4 au 9 septembre 1882.

Jean-Daniel Colladon, 1882, *Balistique expérimentale. résistance de l'air dans les canons de fusils*, F. Hayez, Bruxelles.

Jean-Daniel Colladon, 1885, *Considérations sur les forces motrices hydrauliques du Saint Gothard*, Charles Schuchardt, Genève. (contient divers documents, et les rapport hebdomadaires de Maury, Ingénieur chef de section)

Jean-Daniel Colladon, 1885, *Coût du percement du tunnels du Saint Gothard*.

Jean-Daniel Colladon, 1886, *Exécution des tunnels à ciel fermés, par l'emploi de l'air comprimé. Nouvelle pompe de compression*, Marpon et Flammarion, Paris.

Onze élèves de l'Ecole Centrale (Jean-Daniel Colladon), 1890, *Réfutation péremptoire d'une brochure intitulée: Étude historique sur l'emploi de l'air comprimé*. envoyée par Mr. Dufresne-Sommeiller, Picard, Genève.

Jean-Daniel Colladon, 1893, *Souvenirs et Mémoires*. Autobiographie, Aubert-Schuchardt, Genève.

BIBLIOGRAPHIE SECONDAIRE

Benguigui Isaac, 1990, *Trois physiciens genevois et l'Europe savante. Les de la Rive (1800-1920)* Georg, Genève

Benguigui Isaac, 1994, *La vie et l'oeuvre de Jean-Daniel Colladon*, *Archs Sc. Genève*, 47 (1) 61-72.

Buscaglia Marino, 1998, *Les apports de la science genevoise*, in *Genève et la Suisse*, Suzanne Hurter, Genève

Chavanne André, 1991, "Le Genevois Colladon: un fameux perceur de tunnels. Il était sous la Manche en 1875", in *Au fil des Sciences*, Georg, Genève.

- Genequand Jean-Etienne, 1998, Louis Favre, in *Genève et la Suisse*, Suzanne Hurter, Genève.
- E. R. Fechtig et al, 1997 *Historische Alpendurchstiche in der Schweiz: Gotthard, Simplon, Lötschberg*, Catalogue de l'exposition, Gesellschaft für Ingenieurbaukunst, ETH Zürich, Band 2,
- Mallet A. 1893, *Compte rendu de Souvenirs et Mémoires de Jean-Daniel Colladon*. Paris
- Paquier Serge, 1998, *Histoire de l'électricité en Suisse. La dynamique d'un petit pays européen*, 2 volumes, Passé Présent
- Peduzzi Raffaele, 1996, *Un assistente di Ampère ad Airolo*, Cooperazione, 48-27.
- Speziali Pierre, 1997, *Physica genevensis. La vie et l'oeuvre de 33 physiciens genevois, 1546-1953*, Georg, Genève.
- Trembley Jacques (éd.), 1987, *Les savants genevois dans l'Europe intellectuelle du XVIIe au milieu du XIXe siècle*, Edition du Journal de Genève.