

Les trajectoires d'innovation des infrastructures suisses pour les services urbains d'eau et d'énergie au XIXème siècle: un processus de réversibilité technologique

Serge Paquier

Universités de Lyon et Saint-Etienne

[48]

Resumen

Este artículo revisa las trayectorias de innovación de las infraestructuras suizas para los servicios urbanos de agua y energía en el "largo siglo XIX", centrándose en las ciudades de Ginebra y Zurich. En contra de una visión dominante que subraya que el bloqueo definitivo conduce a la irreversibilidad en la historia de los sistemas de transporte y servicios urbanos, el autor pone en evidencia la profunda inestabilidad de las elecciones técnicas; la confrontación de los sistemas urbanos de suministro de agua y energía llevó, bajo un régimen de ciclos cortos, a un proceso de reversibilidad tecnológica en las ciudades helvéticas del siglo XIX. Así, la hidromecánica, gracias a la concepción de un sistema de suministro colectivo de agua que abastecía a todas las alturas de los inmuebles, conoció varios ciclos extremadamente favorables en Suiza en el siglo XIX, en pugna con la alternativa de la energía térmica (carbón y gas). Desde esta perspectiva, la hidroelectricidad, a comienzos del siglo XX, no fue más que una innovación incremental y no radical, que estableció estándares de alto nivel para los servicios públicos en las ciudades suizas.

Palabras clave: Abastecimiento de agua, Redes eléctricas, Infraestructuras, Desarrollo tecnológico

Códigos JEL: N7, O3, R0, Q4

Abstract

This article addresses the innovation paths of Swiss urban infrastructures dedicated to water and energy supply. Considering a large XIXth century it focuses upon Genève and Zurich cities. At the opposite of a dominant vision that underlines definitive locking leading to irreversibility within the history of urban transportation and services systems, it shows the deep instability of technical choices; the competition between urban systems of water and energy supply, determined by short-term cycles, led to a technical reversibility process within the Swiss cities during the XIXth century. Thus the hydromecanic system, thanks to the design of a mass water supply system reaching the top levels of the buildings, developed several flourishing cycles in Switzerland during the XIXth century, struggling against thermic energy choices (coal and gas). According to this perspective, hydroelectricity at the beginning of the XXth century was only an incremental innovation rather than radical, which established top-rank standards for Swiss urban services and public utilities.

Key words: Water supply, Electricity supply networks, Infrastructures, Technology development

Códigos JEL: N7, O3, R0, Q4

Les trajectoires d'innovation des infrastructures suisses pour les services urbains d'eau et d'énergie au XIX^{ème} siècle : un processus de réversibilité technologique

[Fecha de recepción del original: 21-04-2012 ; versión definitiva 25-07-2012]

Serge Paquier

Universités de Lyon et Saint-Etienne

1. Introduction

Les systèmes technologiques de masse fonctionnant au charbon débouchent en Suisse sur des adaptations créatrices qui constituent la base d'une culture des grands systèmes technologiques à partir de laquelle sera créée une nouvelle génération technologique qui cadre mieux avec l'intérêt général du pays.

Il faut au milieu du XIX^e siècle suivre l'industrialisation à marche forcée dictée par l'Angleterre bientôt suivie par la France. Dans ce contexte, il n'est plus possible de faire obstacle à la diffusion des nouvelles infrastructures charbonnières: gaz d'éclairage dans les avant-postes urbains de la nouvelle civilisation industrielle et chemin de fer aux échelles régionale et nationale. Dans le même temps, le petit Etat fédéral soucieux d'afficher son indépendance doit limiter les influences de ses puissants voisins. Or la diffusion de ces indispensables infrastructures provoque une triple dépendance: celle des experts en nouvelles technologies, celle des pressions possibles à exercer par les compagnies privées et celle du charbon à importer. Si les deux premières dépendances peuvent être limitées d'une part grâce à des experts suisses formés dans les hautes écoles d'ingénieurs à Paris, Vienne, Karlsruhe ou Berlin, puis par la création des écoles de Zurich et de Lausanne, et d'autre part grâce à la formation de banques d'affaires à Genève, Zurich et Bâle, le charbon à importer constitue un problème bien plus délicat.

Plusieurs étapes sont nécessaires pour trouver des combinaisons technologiques et institutionnelles qui conviennent au mieux à l'intérêt général du pays. Les premières phases sont transitoires dans la mesure où elles fonctionnent largement dans le registre de la réversibilité, en partant d'un modèle ouest-européen centré sur les centres de gravité parisien et londonien et où prédominent les techniques charbonnières associées aux compagnies privées.

[50]

L'adage saint-simonien nous dit que les Etats doivent se limiter à gérer les personnes et pas les choses qui doivent être confiées à des entreprises privées. Mais inspiré notamment par le nouveau centre de gravité berlinois, le modèle glisse vers le mode opératoire des entreprises municipales capables de créer de nouveaux systèmes technologiques de masse dans le cadre de chantiers pilotes à eau sous pression. Dans ces «laboratoires hors les murs», appelés ainsi parce qu'ils constituent des solutions transitoires, le cheminement créatif est d'abord lent et solitaire avec l'eau sous pression. Les créateurs de réseaux puisent aussi bien dans le modèle éprouvé du perfectionnement à l'anglaise que des solutions novatrices proposées par la science mécanique française en passant par une forte implication d'innovateurs locaux. Alors que l'on pouvait logiquement penser voir cette solution identitaire helvétique se diffuser sous la forme d'usines à eau sous pression développant plusieurs milliers de chevaux et pesant plusieurs millions de francs, la réversibilité s'impose à nouveau. Le savoir-faire accumulé dans l'eau de masse est alors connecté à l'électricité de masse issue du creuset bien plus large des mondes industriels. L'industrie suisse pourra d'autant mieux y rayonner.

Après avoir précisé la demande spécifique suisse en machines et infrastructures, nous dégagerons d'emblée le processus de réversibilité à l'œuvre dans le gaz d'éclairage, secteur type de première industrialisation dont les perfectionnements constants poussèrent à la tentation d'un bastion imprenable face à la percée de l'électricité. Nous verrons que la nouvelle réversibilité dictée par l'efficacité supérieure de l'hydroélectricité fut spectaculaire, les premières centrales hydromécaniques offrant un lieu de convergence pour agglomérer sous forme de synergie féconde l'approfondissement technologique rapide réalisé par les fournisseurs d'équipement électrique et de turbines hydromécaniques. Ces derniers avaient progressé en transposant aux adductions en eau dès les années le modèle gazier de conquête permanent de vastes marchés privé et public grâce à des infrastructures en perpétuel développement avec l'objectif d'assurer la valorisation des capitaux investis privés ou municipaux.

Il ne peut être ici question d'un modèle précis a-historique et a-spatial, mais plutôt de cerner des trajectoires inscrites dans la longue durée et replacées dans des contextes en évolution tout en dégageant des rythmes à moyen et court termes appuyés par des facteurs d'incitation. En plus de la transposition du modèle gazier, les technologies de valorisation des immenses réserves d'énergie primaire contenues dans les rivières et les fleuves furent soutenues depuis les années 1860 par un ensemble de variables: réchauffement climatique, lutte contre les épidémies et tensions internationales à l'origine de crises d'approvisionnement en charbon.

Depuis la publication en 1983 du livre fondateur *Networks of Power* de Thomas Hughes, nos collègues parviennent souvent au même constat: l'élaboration d'un modèle recouvrant la progression des industries organisées en réseau compte tenu de la diversité

des facteurs à l'œuvre: institutionnel, économique, technologique et sociaux, même en se limitant aux principales villes d'un pays, reste une tâche délicate et en devenir comme en témoigne la formule consacrée par notre collègue italien Andrea Guintini de «croissance sans modèle»¹. Il faut encore tenir compte du rapport que ces villes entretiennent avec la circulation des savoir-faire et des flux financiers et nous avons souhaité ici contribuer en ce sens.

Au final, si la progression tant technologique que du point de vue de l'évolution des modèles entrepreneuriaux fut si rapide en Suisse, c'est bien parce que l'intérêt général de ce petit pays entouré de puissants voisins commanda la mise en œuvre de forces compensatrices. Ce sont ces forces profondes² qui s'exprimèrent tant par le rayonnement d'industries situées aux avant-postes des industrialisations que par l'expression sur le plan strictement intérieur d'un standard élevé de bien-être national. Comme nous allons de suite le préciser, les technologies de première industrialisation «servirent d'Ecole» aux pionniers de la deuxième révolution industrielle.

[51]

2. Les premières spécificités de l'industrie mécanique suisse

Dans le Nord-Est la mécanisation de l'industrie textile du début du XIXe siècle débouche sur une spécificité helvétique. Les germes d'une longue phase de réversibilité des systèmes techniques suisses sont ainsi déjà en place. Les machines à vapeur à utiliser dans le pays doivent en effet consommer un minimum de charbon tout en maintenant le maximum de puissance. Le transfert des savoir-faire se réalise soit à partir de pionniers suisses entrés en contact avec les espaces pilotes, soit par immigration de techniciens anglais. Se distingue dans le premier cas tout particulièrement le Genevois Daniel Colladon (1802-1893) dont la première carrière se déroule dans le centre de gravité parisien et dans le second cas le technicien de premier ordre Charles Brown sr (1827-1905) qui imprime sa marque chez les fournisseurs d'équipement de la région zurichoise (Sulzer frères et Schweizerische Maschinen und Lokomotiven-Fabrik à Winterthur; Maschinen Fabrik Oerlikon)³. Il existe encore des Suisses installés en Angleterre. A Manchester, premier centre mondial en mécanique, Johann Georg Bodmer (1786-1864), spécialiste en machines à vapeur, locomotives, machines-outils, roues et transmissions hydromécaniques, y forme une dizaine de Confédérés disposant de suffi-

¹ Guintini (2005) et (2011) où l'auteur progresse dans la recherche d'un modèle italien. Il faut aussi souligner l'apport de l'historien anglais Robert Millward (2004) en terme d'imbrications des intérêts privé et public tout comme il convient de rappeler la stimulante «Ecole historique française en histoire des réseaux techniques» impulsée par François Caron (1991), (1997b et c) tant pour le chemin de fer que pour l'électricité. Toujours en France, mais en se limitant aux mondes urbains, se référer à Beltran, Williot et Fernandez. Dans cette quête d'une meilleure compréhension du fonctionnement des villes par l'étude des infrastructures, les pays du sud de l'Europe sont aussi bien présents. Sans être exhaustif, nous nous limitons ici aux études les plus récentes. Pour l'Espagne: voir Martínez López et Mirás Araujo (2012) et au Portugal Cardoso de Matos (2011).

² Nous empruntons ce terme à l'histoire politique, plus particulièrement à Renouvin (1994).

³ Voir la place qui lui est accordée par l'historien allemand des techniques Matschoss (1908), t. 1, pp. 216-218; t. 2 pp. 30; 60; 62; 74; 150; 168; 200; 223; 569; 591.

samment de moyens financiers pour venir se former directement sur le coûteux territoire de la *First Industrial Nation*⁴. Les premières infrastructures hydromécaniques destinées aux filatures mécanisées représentent une autre spécificité. D'anciennes filatures mécanisées converties à la fabrication de machines (Escher, Wyss & Cie, Rieter & Cie) diffusent roues perfectionnées et turbines à des moulins, fabriques de papier, scieries et ateliers mécaniques.

[52]

La porte créative du perfectionnement permanent des machines à vapeur et hydromécaniques s'ouvre donc précocement en Suisse. L'adaptation créatrice aux conditions helvétiques se trouve à la base d'une valorisation d'expériences acquises sur les marchés extérieurs. Si le marché intérieur est réduit, l'extérieur sert à compenser la dépendance en charbon et en minerai importés. Par ailleurs, si les pionniers de la première industrialisation ne disposent que de premiers éléments en économie politique, ils bénéficient toutefois d'une vision systémique des équilibres qu'ils peuvent transposer de leur formation première acquise dans le droit, la théologie, les sciences, les arts ou encore l'architecture en direction des techniques, de l'organisation et du fonctionnement des entreprises. Mais il ne s'agit là que de cheminements confinés à un strict espace usinier. Ils sont encore rares dans les années 1830 à la veille de la diffusion des grands systèmes techniques à charbon.

3. Premières ruptures technologiques: d'une réversibilité à l'autre

Contrairement à ce qui est généralement admis, la première rupture technologique de masse en espace public n'est pas le réseau ferroviaire édifié seulement à la fin des années 1850. En fait, la première phase de la révolution industrielle profite largement des perfectionnements apportés au système classique issu de la circulation des techniques dans le monde afro-eurasien: voitures tractées par animaux sur routes et navigation à voile sur rivières, fleuves et lacs⁵. Le chemin de fer représente par ailleurs une rupture technologique complexe et coûteuse en premier investissement, alors que la nouvelle chimie de la seconde moitié du XVIIIe siècle laisse envisager une rupture technique bien plus simple à meilleur marché. La carbonisation du bois ou du charbon débouche sur un système d'éclairage qui va progressivement se substituer à l'éclairage à l'huile très largement diffusé dans les villes européennes.

Mais quelles sont les caractéristiques majeures de ce système technologique urbain appelé à un grand avenir en partant dans les années 1820 de villes pilotes anglaises, françaises et belges? Au-delà d'une forte résistance des collectivités publiques d'un second peloton formé des cités allemandes, suisses, italiennes, espagnoles et nordiques, un processus réversible est déjà à l'œuvre⁶. Les pionniers-nomades, appelés ainsi parce

⁴ Lang (1987), p. 47.

⁵ Roche (2008), pp. 49-53, 56. Malgré le chemin de fer, le transport hippomobile connaît une progression exponentielle au XIXe siècle. Pour l'évolution des transports sur rivières, fleuves, canaux et mers, voir Mokyr (2009), pp. 202-219.

⁶ Paquier et Williot (2005), pp. 23-31.

qu'ils se déplacent de ville en ville pour placer leur infrastructure, lorgnent sur le marché suisse. Ils doivent toutefois affronter le doute quant à ces modèles technologiques en provenance de l'Ouest.

En effet, si dans le sillage des villes pilotes, plusieurs cités suisses occidentales adoptent la distillation au charbon (Berne: 1842, Genève: 1843, Lausanne: 1848), la carbonisation du bois s'impose dans les villes alémaniques (Bâle: 1852, Zurich: 1856, Saint-Gall: 1857, Lucerne: 1858)⁷. L'impulsion y est donnée par le pionnier allemand August Riedinger qui diffusera cette solution au bois dans une multitude de centres urbains au sud de l'Allemagne, en Europe centrale et jusqu'en Russie. La réversibilité se met logiquement en place à Bâle, ville située à l'intersection des influences française et allemande. Des pionniers alsaciens y proposent dès les années 1830 le charbon, mais les craintes des fabricants textiles quant aux dépôts de soufre finissent par l'emporter. Ainsi la solution allemande au bois prend pied en Suisse alémanique.

[53]

Mais cette technologie au bois ne représente qu'une parenthèse elle aussi réversible. En effet, une fois les principales villes suisses reliées au chemin de fer à partir de la fin des années 1850, le charbon importé de bonne qualité et à bon prix en provenance des grands bassins français et allemands entre en masse. Alors que la houille importée par les transports préindustriels se limitait à 11 000 tonnes en 1851, le cap des 100 000 tonnes est franchi dès le début des années 1860. Ce sera un million de tonnes en 1890, puis deux au début du nouveau siècle⁸. Dès lors, les entreprises consommatrices de houille peuvent se localiser au mieux le long des lignes ferroviaires lorsque les conditions sont aussi favorables en main d'œuvre à bas prix dans les campagnes. L'exemple genevois de la Plaine industrielle fait l'objet dans les années 1850 et 1860 de plusieurs initiatives en chimie. D'autres préfèrent s'installer en périphérie urbaine ou encore dans les centres urbains à proximité de leur gare.

Les charbonniers suisses, qui portaient de grands espoirs sur la diffusion des systèmes au charbon, se retrouvent sur la touche. En effet, si le charbon national est largement majoritaire à la veille de l'arrivée du chemin de fer avec 38 000 tonnes en 1851, il entre rapidement dans une trajectoire de stagnation. La houille suisse ne s'inscrit que dans le cadre bien spécifique d'une civilisation de l'affleurement où l'on se baisse pour recueillir les produits du sol. Le même procédé a été longtemps appliqué par les éleveurs de bétail pour récolter le sel à fleur de terre ou le tirer de sources salées. La grande majorité des gisements houillers suisses sont non seulement très largement répartis sur l'ensemble du territoire, mais ils se limitent surtout à une profondeur de quelques dizaines de centimètres. Il n'est dès lors pas possible de suivre les filons en creusant le sol en profondeur comme cela se pratique dans les bassins houillers. D'une part la formation des Alpes a cassé les veines, alors que sur le Plateau l'alternance des avancées et des reculs des glaciers commandée par l'évolution climatique a éparpillé de petits nodules enserrés dans la mollasse.

⁷ Corridori (1939), pp. 25-26.

⁸ Marek (1994), pp. 56-75 et 67.

[54]

Par ailleurs la distillation au charbon s'impose partout parce que cette technique permet de vendre plusieurs sous-produits sur d'avantageux marchés: engrais ammoniacés, goudron et surtout coke de chauffage. En plus des compagnies gazières qui englutissent chacune près de 5 tonnes quotidiennes, il faut aussi alimenter les locomotives, les bateaux à vapeur qui sillonnent les lacs ainsi que des hauts-fourneaux. On ne peut donc se passer du charbon pour les services qu'il rend en Suisse du simple fait qu'il faut l'importer. Mais cette dépendance entre en contradiction fondamentale avec les bases mêmes du nouvel Etat fédéral; une neutralité qui engage à ne pas subir les pressions des grands voisins. Suite à la victoire des forces progressistes contre les conservateurs à la fin de 1847 lors de la guerre du Sonderbund, la Suisse se retrouve comme la seule démocratie encerclée de grands voisins impériaux ou royaux qui avaient en 1848 réprimé dans le sang les révoltes urbaines. Les pressions politiques n'avaient pas manqué pour que le petit Etat fédéral ne serve plus de repli aux révolutionnaires en tout genre.

Cette contradiction entre d'un côté la nécessité de suivre la marche forcée vers l'industrialisation dictée par l'Angleterre suivie par la France et de l'autre la volonté de limiter les nouvelles dépendances, forme ce qu'on peut appeler le paradoxe helvétique. Il a fonctionné comme un puissant facteur d'incitation à l'innovation, en vue notamment de créer un système hydromécanique de masse, qui devra puiser son énergie primaire dans les immenses réserves de force motrice à bon marché contenues dans les rivières et les fleuves⁹. Dans une étude consacrée aux moteurs hydrauliques et publiée à Paris en 1857, l'ingénieur visionnaire Daniel Colladon estime que ce potentiel européen est seulement utilisé à hauteur de un pour mille¹⁰. Il reste donc une impressionnante marge de progression pour autant qu'on puisse créer un système technologique adéquat.

Il convient d'insister sur un fait fondamental. La diffusion des systèmes technologiques dépendants du charbon à importer a bel et bien posé en Suisse les bases d'une culture scientifique, technique et entrepreneuriale. A l'accumulation des savoir-faire chez les fournisseurs d'équipement s'ajoutent celles des compagnies ferroviaires, gazières, de navigation à vapeur, de tractions sur fortes pentes (funiculaires et crémaillères) et de la petite industrie sidérurgique. Savoirs et savoir-faire se mêlent aussi dans les hautes écoles d'ingénieurs, surtout à l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich (EPFZ) fondée en 1854 où d'imposants moyens contrastent singulièrement avec ceux nettement plus réduits de l'Ecole spéciale lausannoise créée en 1853. De plus, tant le perfectionnement des systèmes pré-ferroviaires terrestre et aquatique que les débuts du chemin de fer entraînent une circulation plus rapide et à moindre coût de l'information scientifique et technique. Nous sommes dans le cadre d'une *Open Science* à faible coût d'accès selon l'approche de l'historien nord-américain Joel Mokyr¹¹. Si le périodique édité par l'EPFZ (*Polytechnische Zeitschrift*, devenu *Eisenbahn*, puis *Schweizerische Bauzeitung*) est un exemple bien connu suivi par l'école lausannoise (*Bulletin technique de la Suisse romande*), il faut ajouter ceux des sociétés savantes locales. Le milieu libé-

⁹ Colladon (1858).

¹⁰ Colladon (1857), p. 1.

¹¹ Mokyr (2005), pp. 57-58.

ral genevois propose dès 1858 un périodique à vocation romande (*L'industriel*) dans le sillage de la bibliothèque technique créée par sa société savante (Société des arts). Ces mêmes instituts organisent concours et conférences publiques destinés à convaincre du bien-fondé des bouleversements apportés par l'irruption du chemin de fer et du télégraphe ou encore de l'épopée à construire des traversées ferroviaires alpines¹². Les techniques à charbon bénéficient encore de la publicité faite lors des premières expositions universelles, au Crystal Palace de Londres en 1851 puis à Paris en 1855. Mais ces réseaux techniques dépendants de la houille en Suisse doivent aussi être considérés comme un creuset formateur, pour en créer d'autres plus aptes à résoudre le paradoxe helvétique.

[55]

4. D'un réseau technologique à l'autre

Autant les destins du chemin de fer et du télégraphe sont en partie liés, autant le gaz et l'eau suivent un destin parallèle à l'échelle urbaine. Il ne faut donc pas considérer le gaz d'éclairage uniquement pour lui-même, mais encore et surtout comme une expérience profitable à transposer.

Comment passe-t-on d'un réseau à l'autre et que faut-il entendre par des infrastructures qui constituent des «laboratoire hors les murs»? A Genève des liens apparaissent nettement entre gaz d'éclairage, adductions d'eau et chemins de fer. Daniel Colladon se trouve à l'origine de plusieurs transpositions entre réseaux grâce ses horizons élargis par une première carrière en physique d'abord dans le centre de gravité parisien, puis plus modestement à Genève. Il ne considère pas le gaz comme un simple transfert de technologie des villes avancées vers Genève, mais il utilise cette infrastructure à la veille de sa mise en charge pour réaliser diverses expériences de résistance des fluides dans les conduites. En partant d'études françaises (Aubuisson, Girard, Pecqueur) ces expériences genevoises constituent la base de la technique à air comprimé qui sera utilisée dès 1861 pour percer le tunnel ferroviaire du Mont-Cenis, puis celui du Gothard pendant la décennie suivante¹³. La seconde carrière d'ingénieur-conseil de Daniel Colladon le lie bel et bien au chemin de fer. Il prodigue divers conseils pour le compte de la haute banque protestante bien établie à Genève comme à Paris, notamment pour prendre position dans la belle affaire du chemin de fer du Nord. Mais restons ici focalisés sur la question et la trajectoire des réseaux urbains.

D. Colladon est en outre très intéressé par les adductions d'eau tant pour les besoins publics que privés. Il propose dès le milieu des années 1830 une vaste adduction de Genève qui devait se substituer à l'ancien réseau édifié en 1708 par l'architecte français Joseph Abeille. Il est venu au service public par la philanthropie en commençant par prodiguer à l'hôpital, bâtiment public par excellence, divers conseils pour chauffer l'eau et les bâtiments sous la double contrainte d'être économe en combustible tout en gardant une efficacité maximale. Il prévoyait aussi de distribuer de la force motrice à de petits ateliers situés au bas d'habitations. Un canal industriel devait passer sous l'île

¹² Voir *Programme des cours spéciaux qui seront donnés au Musée Rath, pour les années 1849-1852*, Genève, sans date.

¹³ Colladon (1893), pp. 317-325.

[56]

placée au milieu du Rhône et la force motrice distribuée par de petites turbines. Après le temps de la gratuité des conseils vient celui de la valorisation sur les marchés. Mais le gouvernement restauré genevois frileux par rapport à une nouvelle solution d'envergure, de surcroît privée alors que l'eau est par définition municipale, préfère poursuivre dans la voie déjà expérimentée, donc plus sûre, consistant à s'adresser à des maîtres d'œuvre et fournisseurs français d'équipement. Les lauréats du concours sont les frères Cordier, alors que D. Colladon se voit cantonné au rôle d'expert du gouvernement. Pour valoriser ses compétences, il doit dès lors attendre l'autonomie municipale réalisée en 1841 dans le contexte d'une révolution libérale formée d'une alliance entre radicaux et libéraux. Il obtient en 1843 la concession de service urbain tant attendue avec l'aide de sa belle-famille de nouveaux banquiers, qui pose 40 000 francs sur la table pour faire pencher la balance.

Conformément au processus décrit par Alain Beltran et Jean-Pierre Williot, le gaz se diffuse d'abord au niveau horizontal¹⁴ et cette première phase d'expansion se déploie sur le modèle des adductions en eau. A Genève les destins sont parallèles. En effet la nouvelle machine hydraulique des Cordier et l'usine à gaz commencent parallèlement leur service en 1844. Les travaux d'André Guillerme laissent entendre que le niveau horizontal est la règle dans la Londres des années 1825-1830 avec de l'eau de lavage vraisemblablement livrée au bas des 177 000 maisons alimentées par des compagnies privées¹⁵. En nous basant sur les mêmes travaux, si de l'eau de Seine est élevée à un deuxième étage, c'est pour suivre un circuit complexe de filtres nécessaire à la rendre propre à la consommation. Trois manèges à chevaux actionnent les pompes.

Dans les principales villes suisses, soit des machines de pompage comme à Genève et Zurich et/ou des adductions en eau de sources alimentent fontaines publiques et privées. Dans ces deux villes, l'eau privée est livrée dans les cours d'immeubles. Dans la ville lémanique, les hôtels particuliers tout comme l'hôpital édifié sur les hauts de la cité sont reliés dès les débuts de la machine élévatoire d'Abeille.

Mais après quelque temps, les cheminements divergent. En effet la force de pénétration du gaz est nettement plus forte que celle des adductions en eau. Alors que les adductions continuent de coûter de l'argent, le gaz en rapporte de plus en plus. A l'accumulation des expériences s'ajoute celle des capitaux à partir des années 1850-1860 comme le montrent des études historiques entreprises à l'échelle européenne¹⁶. Un cercle vertueux s'installe entre flot continu de perfectionnements technologiques et extension permanente des marchés. La réduction des pertes par l'utilisation de tuyaux plus efficaces élargit le rayon d'action aux rues, magasins, restaurants, cours et arrière-cours, entrées et couloirs d'immeubles, vestibules. Les salles de spectacles et les bâtiments commerciaux, banques et hôtels, représentent un marché particulièrement dynamique¹⁷. Par ailleurs des compteurs permettent de mesurer avec précision l'énergie li-

¹⁴ Beltran et Williot (2009), p. 35.

¹⁵ Guillerme (2007), p. 42.

¹⁶ Paquier et Williot (2005), pp. 54-56, 79-94.

¹⁷ Beltran et Williot (2009), p. 35, et Duc, Frei et Perroux (2008), p. 53.

vrée, alors que les appareillages en tout genre se développent. Le perfectionnement vient aussi répondre à certaines exigences des consommateurs. Des épurateurs perfectionnés par Colladon diminuent considérablement les dépôts de soufre qui inquiétaient tant les Bâlois¹⁸. Sur la base de cette première pénétration horizontale se profilent plusieurs opportunités pour valoriser l'expérience acquise.

5. Le gaz triomphant: la tentation d'un bastion irréversible

[57]

Le phénomène s'observe à l'échelle européenne dans le cadre d'une double perspective. A Bruxelles et à Genève sont créées simultanément deux holdings sœurs. Dotées chacune d'un capital-actions de dix millions de francs, elles cherchent à capter les mêmes marchés allemand, français et italien. A Genève il s'agit précisément de transposer l'expérience acquise lors d'une nouvelle progression horizontale nécessitée par l'édification des nouveaux quartiers à bâtir sur les espaces libérés par la destruction des remparts. La concession est renégociée en 1856, soit deux ans avant la mise en service de la ligne ferroviaire Genève-Lyon censée ouvrir dès 1858 une porte à bon marché au charbon du bassin stéphanois. Daniel Colladon a su jouer finement sur le paradoxe helvétique. Depuis sa position d'expert au conseil municipal, il prend surtout soin de défendre l'intérêt du gaz de Genève dont il est l'ingénieur. Il estime en effet que le coût du charbon importé ira en s'accroissant et que le chemin de fer qui reliera Genève à la précieuse houille stéphanoise qui convient si bien à la fabrication du gaz ne fera pas baisser le prix. Il précise que la pente de Lyon à Genève est trop élevée pour remplir correctement les wagons avec la matière pondéreuse. Enfin les Français risquent d'interdire l'exportation du charbon¹⁹.

Il faut clairement parler ici d'asymétrie d'informations entre d'un côté les experts liés aux compagnies et de l'autre des autorités municipales qui apparaissent alors sans défense. Toujours est-il que le prix du charbon importé en gare de Genève baisse de 40% et comme il n'est pas prévu de prix plancher, la rente gazière prend toujours plus de valeur.

Le cas de Naples, qui fait l'objet d'une étude approfondie, montre bel et bien une transposition réussie depuis Genève²⁰. La municipalité napolitaine met au concours une nouvelle concession, bien qu'il existe déjà une compagnie gazière contrôlée par des Lyonnais. Mais la nouvelle concession est acquise par une compagnie ferroviaire mêlant intérêts de la haute banque protestante et belge dans le cadre d'un consortium ferroviaire dominé par Auguste Dassier, l'un des influents beaux-frères de D. Colladon.

Il reste plus globalement à capter les nouveaux marchés des étages supérieurs des habitations grâce aux colonnes montantes. Pour accompagner ces extensions du marché tant horizontale que verticale, la holding élargit son contrôle vers l'amont en prenant des

¹⁸ Colladon (1893), p. 316.

¹⁹ *Bulletin des séances du Conseil municipal de la Ville de Genève*, vol. 12 (1855-1856), pp. 731-732.

²⁰ Voir la thèse en cours de Francesca Caiazza sur la Compagnie napolitaine d'éclairage et de chauffage par le gaz (1862-1920). Sous la direction de la professeure Maria Carmela Schisani. Université de Naples Federico II, Faculté d'économie, de droit et d'histoire économique.

participations dans des maisons d'appareillages. En rachetant une hoirie à Paris, la holding genevoise prend possession d'un groupe d'usines localisées au sud de la France (Agde, Draguignan, Antibes) et en Italie près de Gênes (Port-Maurice et Oneglia)²¹. Cannes, où la haute bourgeoisie de Genève succombe aux charmes de la station hivernale, devient un de ses fleurons : la holding genevoise y investit 2,7 millions de francs. Elle détient également de belles positions dans le gaz de Marseille et contrôle les concessions de Stuttgart et Bologne.

[58]

L'irréversibilité était en train de verrouiller la trajectoire du gaz de Genève grâce à l'impulsion de D. Colladon. Les perfectionnements y auraient abouti à la «plus belle flamme d'Europe» : ce flot soutenu de perfectionnements et d'attention²², les beaux bénéfices qui en découlaient et l'idée de rendre un service de masse dans une confortable position de monopole tendaient à édifier un bastion imprenable. Mais le gaz de Genève, où son ingénieur D. Colladon a placé l'un de ses proches, doit affronter rapidement la trajectoire ascendante de la nouvelle technologie de l'électricité. Dans le sillage de sa première carrière de physicien jalonnée par de grandes figures scientifiques comme Ampère, D. Colladon considère l'électricité comme une science et non comme une technologie. Dans cet affrontement avec l'électricité, le gaz de Genève ne parviendra pas à faire valoir devant les tribunaux un droit au monopole à l'éclairage. En revanche la réversibilité s'installe dans le contexte plus confortable des positions françaises et italiennes, où le modèle libéral des compagnies privées résiste à la vague de municipalisation. La holding se convertit donc à l'électricité.

6. Les réversibilités technologique et institutionnelle de l'eau de masse

La création de la rente gazière ouvre aussi de nouvelles perspectives pour les adductions en eau, tant au niveau horizontal resté en retard par rapport au gaz qu'à l'échelle verticale encore en devenir. Il faut en effet attendre les années 1860 pour envisager l'eau à tous les étages des immeubles. A Genève la nouvelle machine de pompage entrée en service en 1844 ne dispose pas des capacités requises pour répondre aussi bien à la diffusion horizontale générée par les nouveaux quartiers qu'à la désormais indispensable extension verticale. Il faut dès lors installer coup sur coup en 1862 puis à partir de 1868 deux annexes adossées à la machine de pompage pour disposer de la puissance requise. Quelles sont alors les répercussions du côté de la demande?

Les perspectives de développement l'eau de masse sont bien présentes dès le début des années 1860. Nous pensons que cette trajectoire résulte de la bifurcation décisive du gaz vers l'eau, en premier lieu pour les groupes ou holdings anglais et français qui se lancent dans l'exploitation des deux fluides pour capter de belles concessions aussi bien dans les villes de l'Europe industrialisée que dans les principaux centres urbains au Proche et Moyen-Orient. Le cas suisse montre aussi ce passage de témoin es-

²¹ *Compagnie genevoise de l'industrie du gaz. Extrait du rapport présenté à l'assemblée générale. Année 1865*, p. 8.

²² Colladon (1893), pp. 315-318.

sentiel du gaz vers l'eau. Auréolé par le succès du gaz, Daniel Colladon revient à la charge pour privatiser l'eau une première fois au milieu des années 1850 et une seconde au début des années 1860. D'autres franchissent allégrement le pas du gaz vers l'eau comme le promoteur du gaz de Vevey-Montreux qui se décide à acquérir une concession d'eau²³. Il est vrai que la relation particulière établie entre nouveaux services et industrie touristique constitue une exception dans un paysage qui reste dominé par le municipalisme et le cantonalisme. Sur la base du modèle français, les nouvelles quantités d'eau requises en Suisse occidentale par l'accélération de l'urbanisation débouchent à Lausanne, Fribourg, Neuchâtel et Bâle sur des solutions privées²⁴.

[59]

Mais l'eau de masse, qui ne fait que s'annoncer au début des années 1860, décrit une trajectoire beaucoup plus favorable dès lors que la créativité technologique s'associe à la créativité institutionnelle. Des municipalités suisses deviennent en effet de véritables entreprises capables de participer à la création d'un système technologique complexe. En d'autres termes, la Suisse s'est d'abord conformée à l'adage saint-simonien considérant que les collectivités publiques doivent se limiter à gérer les personnes et pas les choses. Dès lors si à partir du modèle français le mode institutionnel de la compagnie privée s'impose logiquement dans les nouveaux transports, services urbains et adductions d'eau, ce n'est là qu'une courte victoire qui prend fin à partir des années 1880. Des entreprises municipales d'eau, de gaz et d'électricité à l'échelle urbaine et une fédérale pour le chemin de fer, puis encore cantonales avec l'électricité, se substituent alors progressivement aux compagnies privées. Le modèle helvétique prend tout son sens dès lors que la municipalisation suisse se distingue clairement du mouvement européen de municipalisation, qui se limitait dès les années 1860 à intégrer la donne technologique par rachat d'infrastructures aux compagnies privées. Les municipalisations de Genève et Zurich se réalisent ainsi dans le contexte de chantiers pilotes d'importance.

L'impulsion revient à Zurich en partant à la fin des années 1860 de la base posée par le perfectionnement des adductions d'eau. Selon l'ingénieur municipal Arnold Bürkli-Ziegler (1833-1894), patricien formé dans les hautes écoles allemandes et à l'exemple de l'avance londonienne, la municipalisation de l'eau apparaît alors comme une évidence. Le relais est assuré par Genève où il s'agit de franchir un nouveau cap majeur en passant de l'eau de masse à l'électricité. L'une des conséquences majeures de cette évolution fut de couper l'herbe sous les pieds à d'éventuels groupes suisses de gaz, d'eau et d'électricité sur le modèle franco-anglais. Ils ont été sacrifiés sur l'autel des services à rendre à la collectivité.

Toujours est-il que les promoteurs de l'eau de masse peuvent s'appuyer sur des conditions climatiques qui préparent bien le terrain de l'expansion. En effet, la fin du Petit âge glaciaire, le fameux PAG, à l'œuvre en Europe depuis le XIVE siècle, prendrait exactement fin en 1860²⁵. Son terme se caractérise justement par une succession

²³ Service des eaux de Vevey-Montreux (1969), p. 1.

²⁴ Haefliger (1984), pp. 129-206 ; Dirlwanger (1998); Humair (2006), pp. 127-151 et Pflieger (2009), pp. 15-25.

²⁵ Le Roy Ladurie (2004).

[60]

d'étés chauds. Le front de la lutte contre les maladies provoquées par l'entassement inédit d'une multitude de personnes sur un espace réduit constitue un levier déterminant. L'entassement rappelle celui du Refuge genevois alors qu'il fallait accueillir les persécutés pour cause de religion à l'intérieur des remparts. La solution fut aussi trouvée dans une élévation des immeubles. Ce phénomène profondément inscrit dans les mémoires peut être considéré comme un facteur d'incitation à l'innovation. Nous y reviendrons. Zurich et Genève sont particulièrement sensibles à la question hygiéniste²⁶. Chacune a ses taudis et quartiers pauvres dans lesquels les habitants s'entassaient dans des structures urbaines étriquées héritées du monde médiéval. Les décès effectifs ou redoutés pendant les épidémies de typhus ou de choléra, au sein même de mondes urbains considérés comme les postes avancés de la nouvelle société, représentent des facteurs d'incitation à l'innovation aussi importants que les accidents ferroviaires dont le rôle a été souligné par François Caron²⁷.

A Genève le facteur déclenchant fut le décès brutal à la fin de 1861 d'une tête couronnée de première envergure, le mari de la reine Victoria, le Prince Albert de Saxe-Cobourg. Cette fin soudaine d'un prince en pleine force de l'âge par une maladie insidieuse, devant laquelle les médecins de la cour d'Angleterre ont montré leur impuissance, prit une signification toute particulière dans la mesure où le Prince pouvait agir directement au sein du monde britannique pour modérer l'expansion prussienne. La Prusse vint bel et bien déjouer l'équilibre des nations tel qu'il avait été établi par les plénipotentiaires du Congrès de Vienne. La Suisse était particulièrement réceptive parce qu'elle avait subi à la fin des années 1850 les exigences prussiennes revendiquant le territoire de Neuchâtel. Le *Journal de Genève* relate l'agonie du Prince et les circonstances du décès en soulignant combien il resta attaché à la ville du bout du lac²⁸. Il ne faut dès lors guère s'étonner si dans ce prolongement au début de l'année 1862 les demandes d'adduction d'eau affluent de toute part pour assurer l'hygiène, le confort et la sécurité contre l'incendie des nouveaux quartiers à bâtir et des anciens à rénover. Les élites urbaines veulent un service continu d'eau à tous les étages de leur hôtel particulier sur les hauteurs de la cité et souhaitent en disposer jusque dans les campagnes où elles passent l'été dans leur maison de maître²⁹.

A Zurich l'épidémie de choléra en 1867 pousse Bürkli à engager un vaste projet d'adductions nouvelles³⁰. Les deux cités sont en fait confrontées au même problème : la solution de masse consiste à puiser dans le cours d'eau qui traverse leur cité en sortant d'un grand lac, respectivement le Rhône et la Limmat. Les deux centres urbains partent des adductions existantes et mettent en œuvre une double stratégie à l'anglaise. Elle repose d'abord part sur la notion d'évolution technologique progressive déployée par

²⁶ L'exemple français a été notamment étudié par Goubert (1986).

²⁷ Caron (1997a), p. 23.

²⁸ Voir les articles du *Journal de Genève* de la seconde quinzaine de décembre 1861 et de la première quinzaine de janvier 1862.

²⁹ Voir *Mémorial des séances du Conseil municipal de la Ville de Genève* (1862), pp. 82-88, 117, 125-126.

³⁰ Collectif (1905), t. 2, pp. 182-192.

Smeaton, l'inventeur de la profession des ingénieurs civils au milieu du XVIIIe siècle³¹. La stratégie est sage, puisqu'on envisage d'abord une innovation incrémentale sur la base de l'incorporation de nouvelles composantes à un système existant. C'est le meilleur moyen de tester correctement les effets de nouvelles mécaniques tout en gardant les autres paramètres constants. Pour les ruptures, il faut attendre nous dit Smeaton : nous sommes encore bel et bien dans l'ère des perfectionnements. En fait ce processus d'innovation a été expérimenté dès le début du XVIIIe siècle dans la métropole londonienne. Vers 1712 l'une des compagnies privées d'adduction en eau avait substitué des machines à feu aux roues hydrauliques qui fournissaient l'énergie primaire mécanique aux pompes. Conformément à l'approche de Mokyr, cette macroinvention fut suivie d'une multitude de microinventions de perfectionnements, ou innovations incrémentales³². En effet la première pompe à feu inventée par Thomas Savery pour l'épuisement des mines fut perfectionnée par le forgeron Newcomen. Les savoirs et savoir-faire circulaient dans le milieu scientifique sous forme de tableaux où étaient enregistrés les principaux paramètres comme la taille des composants et la puissance d'élévation. Sur cette base des articles scientifiques sont rédigés et des cours dispensés dans les hautes écoles. On peut rétorquer que le processus fut d'abord fort lent tout au long du siècle des Lumières mais sa trajectoire s'accélère progressivement tout au long du XIXe siècle, comme l'illustrent bien les cas de Genève et Zurich. L'autre centre de gravité parisien suivit l'exemple londonien avec plusieurs décennies de retard, lorsque les frères Perier décrochèrent en 1777 seulement la concession tant attendue mais cette avancée majeure se heurta aux troubles révolutionnaires.

[61]

Au décès du Prince Albert pour Genève et à l'épidémie de choléra pour Zurich s'ajoute un autre facteur déclenchant. Il prend place dans l'autre segment stratégique de l'eau masse: la distribution de force motrice à l'industrie urbaine, afin qu'elle puisse résister à la concurrence des grandes entreprises localisées à proximité des grands bassins houillers. En effet l'industrialisation change de statut, bien au-delà désormais d'un simple épiphénomène limité aux espaces confinés du Nord-Est ou au processus de convergence entre science et technique engagé à Genève sous le patronage de la Société des arts. Depuis que les Anglais, suivis par les Français, montrent la voie en privilégiant l'industrie par rapport à l'agriculture, il faut suivre l'industrialisation à marche forcée. Le futur prix Nobel de la Paix Elie Ducommun note que «le progrès et l'activité sont pour les peuples les seuls moyens de conquérir ou de conserver leur liberté».³³ Il s'exprime alors dans le cadre d'un concours organisé en 1857 par la société savante du milieu radical genevois: l'Institut national genevois, créé en 1853 sur le modèle de la Société des arts avec James Fazy comme chef de file. Il s'agit alors de trouver le moyen d'industrialiser Genève grâce à ses deux principaux cours d'eau, le Rhône et son affluent l'Arve qui prend sa source dans le massif du Mont-Blanc, le tout sans mettre en péril les finances du canton.

³¹ Mokyr (2009), p. 55.

³² Mokyr (2005), pp. 29, 31-32, 42, 48.

³³ Ducommun (1861), pp. 143-175 et 143.

[62]

Piqué au vif, le milieu libéral-conservateur rassemblé autour de la Société des arts et de son mentor Daniel Colladon relève le défi. Plus largement une équipe d'ingénieurs formée dans les grandes écoles parisiennes, à l'Ecole centrale et à Polytechnique, se met au travail. Elle est notamment composée de fils de conseillers d'Etat évacués sans gloire du pouvoir en 1846 lors du coup de force radical. Parmi eux se trouve Edouard Lullin, diplômé de l'Ecole des mines et issu d'une famille patricienne à l'origine de l'édification de la première machine au début du XVIII^e siècle. Les fils sont bien décidés à prendre leur revanche sur le terrain de la capacité à réaliser les promesses, selon un processus associant science, technique et progrès économique, processus auquel adhèrent les anciens alliés radicaux et libéraux-conservateurs.

A son retour de Paris, Lullin reprend un atelier mécanique sur les bords du Rhône, qui concentrent les prises d'eau. Dès lors le territoire genevois se transforme en véritable «laboratoire hors les murs», cette dénomination indiquant des solutions technologiques transitoires. Dans l'espace urbain on part comme à Zurich du réseau municipal à eau sous pression, tandis que dans les campagnes les ingénieurs ont dès le début des années 1860 le champ libre pour innover. Sur la rive droite Lullin fonde la Société des eaux du Rhône, alors que sur la rive gauche Colladon porte sur les fonts baptismaux la Société des eaux de l'Arve. Plusieurs cheminements technologiques sont alors expérimentés. Des roues sorties des ateliers Lullin actionnent les pompes de l'eau du Rhône, tandis que des turbines coulées dans un atelier à Dijon pompent l'eau de l'Arve. En même temps Colladon s'illustre en construisant une roue flottante capable de suivre l'évolution du débit du Rhône. Mais nombreux restent les obstacles de tous ordres. La faible densité de population dans les campagnes rend aléatoire toute idée de rentabilité, alors qu'en ville les axes des roues Lullin cassent les uns après les autres.

Une alliance franco-romande se met alors en place sous le patronage de Daniel Colladon. Le professeur en mécanique à Centrale Michel Callon s'associe à l'innovateur français Girard ainsi qu'au fournisseur d'équipement Benjamin Roy & Cie, précurseur des Ateliers de constructions mécaniques de Vevey. Mais le processus engagé est lent. Il faut passer d'une roue à hélice à une double turbine à siphon et Girard est tué à Paris par une balle perdue pendant la guerre franco-prussienne³⁴.

C'est donc Zurich qui reprend logiquement la main. Le milieu innovateur zurichois y est d'autant plus prolifique que la culture industrielle s'y épanouit dans le terreau fertile des techniques à charbon. L'existence de fournisseurs d'équipement éprouvés, tout comme les cours de mécanique dispensés par le duopole formé par les professeurs allemands Gustav Zeuner et Franz Reuleaux à l'Ecole polytechnique fédérale sont des atouts qui n'existent pas à Genève³⁵. Et cela même si le duopole professoral n'entretient pas toutes les relations espérées avec l'industrie zurichoise car trop accaparé par la recherche et l'enseignement. Mais en misant sur la solution transitoire des machines à vapeur pour actionner des pompes sur le modèle londonien éprouvé depuis longtemps, Zurich peut se focaliser sur l'innovation aval qu'offrent les conduites par des moteurs à

³⁴ Merci à Serge Benoît d'avoir précisé à l'auteur cette association franco-suisse à l'œuvre dans le chantier pilote genevois.

³⁵ Oechsli (1905), pp. 179-182.

eau à installer chez le consommateur d'eau sous pression. La municipalité zurichoise se substitue aux sociétés savantes en lançant un concours dès 1868. Le lauréat Albert Schmid formé à l'école des mécaniques à vapeur, –il est conducteur de locomotives en Europe centrale–, crée un petit moteur à piston. Il a bénéficié d'ateliers à l'EPFZ et d'un local d'essai relié à l'eau sous pression municipale.

Après le décès de la tête couronnée, Genève vit à l'heure d'un autre facteur déclenchant. La hausse considérable du coût du charbon provoquée par la guerre franco-prussienne, 230% entre mai 1869 et décembre 1873, pousse à une solution rapide³⁶. Genève importe la solution zurichoise en fabricant sous licence les moteurs à eau sous pression. Mais le chantier pilote zurichois étant affaibli par la maladie de son ingénieur municipal, celui de Genève reprend la main. En s'inspirant de la nouvelle usine de pompage inaugurée en 1878 sur les bords de la Limmat, la cité lémanique souhaite aménager sa grande usine sur le Rhône pour répondre au défi de l'eau de masse³⁷. Il s'agit d'une usine développant 6 000 CV à partir de vingt groupes de turbines de 300 CV chacun. L'édification est menée tambour battant comme une campagne militaire : plusieurs campagnes de travaux se succèdent depuis le premier coup de pioche en 1883 jusqu'à son inauguration en 1886. Son maître d'œuvre Théodore Turrettini (1845-1916) est officier supérieur (colonel d'artillerie) de milice dans l'armée suisse et le vocabulaire militaire transparait forcément dans ces vastes travaux rhodaniens. Turrettini pensait adosser l'usine de pompage sur la rive gauche suburbaine de Plainpalais, mais cette commune contrôlée par les radicaux ne partageait pas la vision expansionniste de son homologue de Genève. Plainpalais fait de la résistance par rapport à une infrastructure qui permet de siphonner les ressources des communes suburbaines afin de financer ses dépenses de centralité (théâtre, jardins, collections et bibliothèque publiques, entretien et éclairage des rues et places). Pour l'usage de sa rive, Plainpalais réclame un demi-million de francs. La riposte ne tarde pas : l'usine sera édifiée au milieu du Rhône, provoquant un assèchement partiel du lit et suscitant une vive campagne de polémiques, aggravée par une épidémie de typhus provoquée par l'eau stagnante. Le remède serait-il pire que la maladie? La réponse n'a rien d'évident puisque les nouvelles adductions ont justement pour objectif prioritaire de lutter contre la diffusion des maladies. En conséquence, l'usine pompa l'eau plus en aval que prévu, directement dans le lac Léman et non plus dans le Rhône.

Cette percée technique de masse issue des centres urbains zurichois et genevois pouvait se diffuser à toutes les principales villes suisses en symbolisant l'indépendance économique de la Confédération. L'avancée helvétique trouve même un large écho au-delà de ses frontières. Elle suscite l'intérêt de spécialistes allemands qui passent en revue les caractéristiques des centrales hydromécaniques suisses, à la manière des études réalisées au début du XVIII^e siècle sur les premières adductions londoniennes à l'aide de machines à feu. L'information technique circule alors à grand renfort de tableaux chiffrés. Pour caractériser les installations à eau sous pression de Zurich et de Genève,

³⁶ C'est le prix du charbon de la Sarre selon «Die Kohlenmarkt im Jahre 1875» dans *Die Eisenbahn* (1876), pp. 55-56 et 62.

³⁷ Pour une analyse plus approfondie et la mise en évidence des facteurs financier et politique, voir Paquier et Pflieger (2008), pp. 36-51.

un ingénieur munichoïse n'hésite pas à employer le terme de *Grossartige Unternehmungen*³⁸. Mais la réversibilité ne tarde pas à nouveau à s'imposer.

7. La réversibilité provoquée par l'irruption de l'électricité³⁹

[64]

On pouvait en effet penser que rien ne pouvait plus s'opposer à l'élan national de l'eau sous pression, nourri par une intense circulation des savoirs et savoir-faire du Léman à la Limmat. Des innovateurs s'y sont faits un nom et des firmes se sont installées sur le créneau. La Suisse est fière de montrer son savoir-faire aux visiteurs de l'Exposition universelle de Paris (1878). Un tableau statistique montre plus de trois cents moteurs à piston hydrauliques installés dans les principales villes du pays⁴⁰. Comment dès lors expliquer cette nouvelle réversibilité? En fait l'infériorité de l'eau sous pression par rapport à l'électricité ne pouvait être longtemps dissimulée.

En effet les radicaux, qui n'ont toujours pas accepté leur défaite, obligent Théodore Turrettini à justifier précisément cet investissement de plusieurs millions de francs courants par une collectivité publique locale. Et le constat s'impose rapidement que la distribution de force motrice supporte mal l'altitude. Les étages supérieurs des maisons ne sont en effet pas desservis comme prévu faute de pression suffisante. Le défaut est majeur car personne ne doit se retrouver exclu d'un système de masse. L'eau sous pression avait surtout été préférée au câble téléodynamique, une autre spécialité nationale proposée par le fournisseur d'équipements textiles Rieter & Cie à Winterthur. Le câble se justifie seulement lorsqu'il faut aller chercher la force motrice en contrebas de rives profondes comme à Fribourg et Bellegarde. Surtout le système téléodynamique est dangereux. Les câbles peuvent se rompre, alors que les coûts d'entretien sont élevés et l'on ne peut garantir la continuité du service lors des périodes de gel ou de pluie. En effet les câbles peuvent alors glisser sur les roues de support. Or le fonctionnement en continu devient une exigence nouvelle des systèmes techniques de la révolution industrielle, par rapport aux anciennes infrastructures qui fonctionnent sur un registre discontinu. Enfin, alors que Genève dispose d'une expérience dans la mesure du service fourni aux consommateurs grâce aux compteurs gaziers et à eau, le câble présente le défaut majeur de ne pas pouvoir comptabiliser précisément l'énergie fournie aux abonnés. Soulignons que si l'eau sous pression a été préférée à l'électricité, c'est d'abord parce que la nouvelle énergie ne donnait pas encore toutes les garanties requises⁴¹. Il est vrai que la guerre civile électrique opposant les tenants du courant continu à ceux qui défendent le courant alternatif faisait rage au milieu des années 1880.

Mais une fois la bataille remportée par les tenants de l'alternatif, le défaut majeur de l'eau sous pression apparut aux yeux de tous car la diffusion de la force motrice électrique n'était pas entravée par l'altitude. Ces limites résultent en fait de la solitude des

³⁸ Voir Beringer (1883), p. 47 ; Schröter (1888), pp. 67-68 et Klausmann (1893), pp. 221-230 et 222.

³⁹ Nous nous basons principalement sur Paquier (1998).

⁴⁰ *Die Eisenbahn* (1878), p. 123.

⁴¹ Le choix du système technique est bien discuté dans Turrettini (1890), pp. 273-275.

innovateurs suisses qu'ils soient maître d'œuvre d'un chantier pilote, ingénieurs-conseil, fournisseurs d'équipement ou professeurs dans les hautes écoles d'ingénieurs de Zurich et de Lausanne. Les Suisses sont bel et bien seuls en lice entre les années 1860 et 1880 pour créer le système hydromécanique de masse appelé de leurs vœux. La comparaison ne tient plus avec l'effort international réalisé dans tous les centres de gravité des pays industrialisés pour créer le grand réseau électrique. Il faut s'imaginer les accumulations considérables de savoir et de savoir-faire réalisées dans le cadre de diverses structures pour engendrer un tel système technique de masse capable de proposer des services aussi variés que l'éclairage, la distribution de force motrice à l'industrie et à l'artisanat, l'énergie de traction aux tramways et aux chemins de fer en plaine et sur forte pentes ainsi qu'aux industries électrochimique et électrométallurgique. Il s'agit désormais d'une puissante communauté internationale qui est à l'œuvre. Elle est formée de praticiens, de professeurs en physique et en mécanique dans les universités et les écoles d'ingénieurs, de créateurs de réseaux en tout genre, d'ingénieurs-conseils et de fournisseurs d'équipement. Les convergences nécessaires s'établissent dans le cadre d'expositions spécialisées depuis celle pionnière de Paris en 1881 jusqu'à celle décisive de Francfort-sur-le Main. C'est beaucoup plus que tout ce que pouvait mobiliser la Suisse des années 1860 aux années 1880 avec les câbles téléodynamiques, l'air comprimé et l'eau sous pression portée à son maximum d'efficacité.

[65]

Il ne restait dès lors aux Suisses qu'à tirer le meilleur parti possible des efforts engagés jusque-là pour les connecter au système hydroélectrique encore à créer. Le milieu libéral-conservateur genevois parvint à concentrer les savoirs et les savoir-faire sur une composante essentielle du système technologique de masse qui combine l'eau et l'électricité. Dans le sillage des moteurs à piston Schmid et des turbines perfectionnées installées sur le réseau d'eau sous pression, il est possible de créer la pièce stratégique d'un régulateur de vitesse à servo-moteur capable d'assurer un mouvement parfaitement régulier aux génératrices de courant électrique. C'est indispensable pour maintenir la fréquence hertzienne sur les réseaux. Dès lors voilà une porte ouverte à pas moins de cinq fabricants de turbines helvétiques à Zurich, Winterthour, Lucerne, Vevey et Genève. Ils décident d'intégrer une large gamme de machines proposées par divers ingénieurs (Francis, Kaplan, Pelton) pour répondre aux diverses demandes des usines à hautes chutes et au fil de l'eau.

La réversibilité est aussi portée à bout de bras par une industrie électromécanique naissante. En partant de transferts de technologie en provenance des pays leaders de la deuxième révolution industrielle, Etats-Unis et Allemagne, des filières genevoise, zurichoise et bâloise s'imposent dans les premiers marchés du pays. En s'appuyant sur leurs turbiniers, les électromécaniciens du pays se distinguent surtout dans le transport d'énergie sur longue distance qui nécessite des génératrices de forte puissance. Pour le reste ils reprennent ou copient ce qui se fait dans les autres pays. Avec les turbiniers, ils se distinguent sur des chantiers pilotes qui associent l'eau à l'électricité. Dans le sillage de la culture des systèmes technologiques à charbon, les filières les plus fortes installées dans la région zurichoise s'imposent également sur les marchés convoités de la production de masse de courant électrique par turbines à vapeur. Brown, Boveri & Cie localisée à Baden est la maison mère d'un vaste groupe créé sur le modèle des géants allemands qui font converger potentiels industriel et bancaire. Avant la Première Guerre

mondiale, ses ramifications s'étendent dans les principaux pays européens et jusqu'en Amérique latine. Dès 1910 la seule maison mère pèse 25 millions de francs et ce sera le double dans l'entre-deux-guerres.

8. Conclusion

[66] Pour déboucher sur un système technologique stabilisé de masse prêt à se diffuser largement, plusieurs systèmes techniques et modes opératoires se sont succédé. L'exemple de Genève est tout particulièrement révélateur des changements opérés et donc des bifurcations dans des trajectoires urbaines et nationales d'innovation. Un visionnaire, Daniel Colladon, formé à l'école du centre de gravité parisien, a été suivi par un réalisateur, Théodore Turrettini, passé par le moule de formation de «bons Suisses» conscients de la primauté de l'intérêt général, combinant un diplôme d'ingénieur obtenu dans l'une des deux hautes écoles d'ingénieurs du pays et une carrière d'officier supérieur de milice dans l'armée fédérale. Le réalisateur a ainsi corrigé des visions qui ne s'intégraient plus vraiment dans l'intérêt général des villes et plus globalement du pays. Pour ce faire, il a fallu quitter le mode opératoire des compagnies privées placées dans un bastion strictement charbonnier, pour se tourner vers le régime des entreprises publiques capables de participer à la création d'un système technologique de masse mondialisé, où l'industrie suisse et sa capacité multiforme d'innovation pouvait d'autant mieux rayonner. Dans cette trajectoire des systèmes techniques des métropoles helvétiques, la réversibilité a constitué le régime d'innovation dominant sur un long XIX^{ème} siècle.

Bibliographie et sources⁴²

- BELTRAN, Alain et WILLIOT, Jean-Pierre (2009) : *Gaz. Du gaz en France à Gaz de France, deux siècles de culture gazière*. Paris.
- BERINGER, A. (1883) : *Kritische Vergleichung der Elektrischen Kraftübertragung: mit den gebräuchlichsten mechanischen Uebertragungssystemen*. Berlin.
- CARON, François et CARDOT, Fabienne (dir.) (1991) : *Histoire de l'électricité en France. Tome 1 : Espoirs et conquêtes (1881-1918)*. Paris.
- CARON, François (1997a) : *Les deux révolutions industrielles du XX^e siècle*. Paris.
- CARON, François (1997b) : *Histoire des chemins de fer en France. Tome 1 : 1740-1883*. Paris.
- CARDOSO DE MATOS, Ana: (2011) «Urban gas and electricity networks in Portugal : Competition and Collaboration (1850-1926)» dans *Quaderns d'Historia de l'Enginyeria*, volume XII, pp. 125-145.
- COLLADON, Daniel (1857) : *Nouveaux moteurs à eau. Roues hydrauliques flottantes pour les fleuves et les grandes rivières par M. Daniel Colladon*. Extrait du Journal de l'Académie nationale agricole, manufacturière et commerciale, Paris.

⁴² Voir aussi les notes infrapaginales pour les documents sans auteur.

- COLLADON, Daniel (1858) : *Notes et considérations générales sur l'utilisation de la puissance motrice des rivières et des fleuves*. Genève (manuscrit).
- COLLADON, Daniel (1893) : *Souvenirs et mémoires*. Genève, pp. 317-325.
- COLLECTIF (1905) : *Festschrift zur Feier des Fünfzigjährigen Bestehen des Eidg. Polytechnikums*, t. 2, Frauenfeld.
- CORRIDORI, Emilio (1939) : *Die Schweizerische Gasversorgung*. Immensee.
- DIRLEWANGER, Dominique (1998) : *Les services industriels de Lausanne (1896-1901)*. Lausanne.
- DUC, Gérard, FREI, Anita et PERROUX, Olivier (2008) : *Eau, gaz, électricité*. Genève.
- DUCOMMUN, Elie (1861) : «Mémoire en réponse à la question : Quelles sont les industries nouvelles ou renouvelées qui pourraient réussir à Genève, sans l'aide d'aucune subvention gouvernementale? Quels sont en particulier, les genres d'industrie pour lesquels on pourrait utiliser les eaux du Rhône, de l'Arve et du Lac?» dans *Bulletin de l'Institut national genevois*, t. IX-X, pp. 143-175.
- FERNANDEZ, Alexandre (1995) : «Les compagnies électriques et les municipalités, un exemple : L'énergie électrique du Sud-Ouest dans ses rapports avec la ville de Bordeaux (1906-1946)» dans *Bulletin d'histoire de l'électricité*, 26, pp. 13-23.
- GOUBERT, Jean-Pierre (1986) : *Une histoire de l'hygiène. Eau et salubrité publique dans la France contemporaine*. Paris.
- GUILLERME, André (2007) : *La naissance de l'industrie à Paris*. Paris.
- GUINTINI, Andrea (2005) : «Une croissance sans modèle ? L'industrie du gaz en Italie à travers l'analyse de quelques cas urbains» dans PAQUIER, Serge et WILLIOT, Jean-Pierre (dir.) (2005), *L'industrie du gaz en Europe aux XIXe et XXe siècles*, Bruxelles, pp. 241-251.
- GUINTINI, Andrea (2011) : «A la ricerca di un modello nella storia del gas in Italia delle prime esperienze del XIX secolo fino alla nascita delle multiutilities» dans *Quaderns d'Historia de l'Enginyeria*, volume XII, pp. 201-225.
- HAEFLIGER, M. (1984) : «Die Modernisierung der Basler Wasserversorgung (1860-1875)» dans *Basler Zeitschrift für Geschichte und Alterumskunde*.
- HUMAIR, Cédric (2009) : «La force motrice hydrauliques au service du développement économique helvétique. L'exemple du réseau à eau sous pression de Lausanne (1868-1914)» dans *Revue suisse d'histoire*, vol. 56, no 2, pp. 127-151.
- HUGHES, Thomas Parke (1983) : *Networks of Power. Electrification in Western Society (1880-1930)*. Baltimore et Londres.
- KLAUSMANN, A. (1893) : «Beschreibung der zur Zeit bekannten Gattungen von Centralanlagen der Krafterzeugung für das Kleingewerbe und kritische Beleuchtung derselben in technische und wirtschaftlicher Beziehung» dans *Glaser's Annalen für Gewerbe und Bauwesen*, 32.
- LANG, Norbert (1987) : *Johann Georg Bodmer 1786-1864. Maschinenbauer und Erfinder*. Coll: Schweizer Pioniere der Wirtschaft und Technik.

- LE ROY LADURIE, Emmanuel (2004) : *Histoire humaine et comparée du climat*. Tome.1: *Canicules et glaciers (XIIIe-XVIIIe siècles)*. Paris.
- MAREK, Daniel (1994) : “Der Weg zum fossilen Energiesystem. Ressourcengeschichte der Kohle am Beispiel der Schweiz 1850-1910” dans Werner Abelshauser (éd.), *Umweltgeschichte. Umweltverträgliches Wirtschaften in historischer Perspektive*, Göttingen.
- [68] MARTÍNEZ LÓPEZ, Alberte, MIRÁS ARAUJO, Jesús (2012) : “The city as a business: gas and business in the Spanish region of Galicia (1850-1936)” dans *Continuity and Change*, 27 (1), pp. 125-150.
- MATSSHOSS, Conrad (1908) : *Die Geschichte der Dampfmaschine*. Berlin.
- MILLWARD, Robert (2004) : “European Governments and the infrastructure of industries, c. 1840-1914” dans *European Review of Economic History*, 8, pp. 3-28.
- MOKYR, Joel (2005) : *The Gifts of Athena. Historical origins of the knowledge economy*. Princeton et Oxford.
- MOKYR, Joel (2009) : *The Enlightened Economy*. New Haven et Londres.
- OECHSLI, Wilhelm (1905) : *Festschrift zur Feier des Fünfundzwanzigjährigen Bestehen des Eidgenössischen Polytechnikums*, t. 1, Frauenfeld.
- PAQUIER, Serge (1998) : *Histoire de l'électricité en Suisse (1875-1939)*. 2 vol., Genève.
- PAQUIER, Serge et PFLIEGER, Géraldine (2008) : «L'eau et les services industriels de Genève : aux sources du modèle suisse des services urbains», *Entreprises et histoire*, 50, pp. 36-51.
- PAQUIER, Serge et WILLIOT, Jean-Pierre (dir.) (2005) : *L'industrie du gaz en Europe aux XIXe et XXe siècles*. Bruxelles.
- PFLIEGER, Géraldine (2009) : *L'eau des villes. Aux sources des empires municipaux*. Lausanne.
- ROCHE, Daniel (2008) : *La culture équestre de l'Occident XVIe-XIXe siècle*. Tome 1: *Le cheval moteur*. Paris.
- RENOUVIN, Pierre (dir.) (1994) : *Histoire des réalisations internationales*. 3 vol., Paris.
- SCHRÖTER, M. (1888) : *Die Motoren der Kraft-und Arbeitmaschinen Ausstellungen in München*. Munich.
- SERVICE DES EAUX DE VEVEY-MONTREUX (1969) : *Un siècle de distribution d'eau dans la région de Vevey-Montreux*. Sans lieu.
- TURRETTINI, Théodore (1890) : *L'utilisation des forces motrices du Rhône*. Genève.