Zeitschrift: Schweizerische Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialgeschichte = Société Suisse d'Histoire Economique et Sociale

Herausgeber: Schweizerische Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialgeschichte

Band: 17 (2001)

Artikel: L'utilisation des ressources hydrauliques en Suisse aux 19e et 20e siècles : une approche systémique dans la longue durée

Autor: Paquier, Serge

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-871895

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.08.2025

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

Serge Paquier

L'utilisation des ressources hydrauliques en Suisse aux 19e et 20e siècles

Une approche systémique dans la longue durée

Le recours à l'approche systémique pour expliquer la dynamique technologique des sociétés suscite l'intérêt des historiens,[1] et ce type d'analyse convient bien à l'évolution de l'hydraulique dans la longue durée aux 19e et 20e siècles. En conformité avec François Caron,[2] on peut observer l'émergence et le développement de nouveaux secteurs, qui évoluent d'abord de manière autonome, avant de converger pour former un système cohérent. En effet, nous pouvons observer des percées sectorielles dans trois domaines de l'hydraulique (énergie, adduction et régularisation) se combinant progressivement pour constituer dans des villes pilotes, lors des années 1870–1880, un premier système cohérent prenant la forme originale de stations centrales urbaines à eau sous pression. Loin d'être un aboutissement, ce premier système, issu de savoir-faire élaborés durant la première vague d'industrialisation, sert de passerelle pour reformer dans un laps de temps relativement court, à partir de 1895, le système plus complexe des centrales hydroélectriques centré sur une technologie phare de la deuxième industrialisation.

La force de ces deux systèmes repose sur un puissant facteur d'incitation qui prend d'autant plus de valeur qu'il s'agit de domestiquer et d'exploiter une ressource nationale abondante pour subvenir à l'absence d'une autre ressource de première importance: le charbon. Il y a donc un besoin évident de compenser une pénurie.

L'innovation technologique s'accompagne d'innovation organisationnelle, car l'importance de la diffusion du second système dans l'ensemble du pays pose des problèmes d'ordre institutionnel. Quelles entités vont bâtir, exploiter et contrôler les réseaux hydro-électriques? Les collectivités publiques, l'Etat ou les sociétés privées?

Le développement des composantes, 1800–1848

Les composantes sont loin d'évoluer au même rythme. Ainsi, l'industrialisation précoce de la Suisse, qui suit un cheminement étroit centré sur l'industrie textile,[3] se traduit par une dynamisation du secteur de la distribution de force motrice et une évolution urbaine relativement lente qui ont peu d'impact sur les adductions d'eau. Quant à la régularisation des cours d'eau, l'absence d'un pouvoir fédéral fort reste un obstacle de premier ordre qui empêche de nombreux projets intercantonaux de se concrétiser.

La dynamique de la distribution de force motrice: «demand pull» et «technology push». Le choix en faveur de l'énergie hydraulique est dicté par les coûts. Selon les calculs d'un entrepreneur au milieu des années 1830, les dépenses annuelles générées par une roue hydraulique (1000 livres) sont six fois inférieures à celles d'une machine à vapeur d'une douzaine de chevaux.[4] La nécessité de répondre aux besoins des filatures mécanisées fonctionne comme un facteur de *demand pull*. L'interaction client-fournisseur conduit à un stimulant processus d'innovation. Les filatures mécanisées ont des besoins croissants d'énergie auxquels répondent les entrepreneurs impliqués dans le processus de fabrication des roues et des systèmes de distribution (artisans-constructeurs de moulins, fonderies, ou encore entreprises spécialisées). Parallèlement, dans un mouvement de *technology push,* ce nouveau savoir-faire se diffuse vers d'autres usagers.

Conformément à la première vision de Schumpeter,[5] la percée que connaît le secteur de la distribution d'énergie est conduite par un nouvel entrepreneur. Ce mouvement est initié par une stratégie d'intégration menée en amont vers la construction de machines par une entreprise de filature mécanique: Escher, Wyss & Cie. Son principal fondateur, Hans Caspar Escher (1775–1859),[6] à la suite de longs périples dans toute l'Europe, transfère de la technologie des pays et régions avancés (Angleterre, nord de la France, Saxe) en vue de bâtir l'une des premières filatures mécaniques suisses de coton, à Zurich en 1805. Comment cette filature passe-t-elle à la construction de machines? Une fois les installations achevées se pose la question du maintien des artisans-constructeurs car, sur les douze impliqués, seuls trois peuvent être retenus pour la maintenance. Plusieurs facteurs interviennent pour tous les retenir, dont le risque de transmission d'information à la concurrence et la nécessité de disposer de personnel qualifié pour suivre le progrès technique, le fondateur étant persuadé que

la technologie va évoluer. Afin de rentabiliser les salaires versés et le capital immobilisé dans l'atelier de mécanique, se profile la vente de machines à des tiers. Il s'agit dès lors de partir à la conquête de marchés *(technology push),* mais pas à n'importe quelles conditions, puisqu'il ne faut pas favoriser la concurrence de la filature zurichoise. C'est ainsi que le premier matériel commercialisé dès 1806 est constitué de roues hydrauliques destinées à des fabriques de papier, des moulins, des scieries et divers ateliers mécaniques, dont la qualité serait supérieure à celle fournie par les artisans-constructeurs de moulins.[7] Plus tard, l'entreprise ne se contente pas de fabriquer des roues et des systèmes de transmission, mais aussi toute une gamme de machines, textiles dès 1810, puis thermiques dès les années 1820. Une fois l'autonomisation de l'atelier acquise en 1831, la progression est rapide: 400 ouvriers sont dénombrés en 1835 et 700 en 1840 sur les 2000 ouvriers occupés alors dans l'industrie des machines.[8]

Si l'on s'en tient aux machines hydromécaniques, un nouveau pas est franchi à la fin du Blocus continental en 1814, lorsque les produits britanniques à bas prix envahissent les marchés du Vieux-Continent. Les filatures helvétiques souhaitant se maintenir n'ont que la solution d'introduire de nouvelles machines plus lourdes qui requièrent des distributions de force motrice plus efficientes.[9] Pour ce faire, on assiste à un nouveau transfert de technologie des pays avancés vers la Suisse. Escher se rend en Angleterre chez le constructeur Fairbairn et en revient avec des plans de grandes roues.[10] A nouveau, on peut constater que ce matériel stratégique n'est pas vendu tout de suite à la concurrence. Mais dès l'autonomisation de la Division construction, les décisions ne dépendent plus de la filature.

Régularisation des cours d'eau et distribution urbaine: une lente progression. La régularisation des cours d'eau reste largement confinée dans les frontières cantonales et même communales. Lorsqu'il s'agit de travaux à plus grande échelle (Rhin, Rhône, Eaux du Jura), les projets progressent avec lenteur et le recours à du savoir en provenance des pays voisins domine très largement. Ainsi, l'ingénieur du duché de Bade, Gottfried Tulla (1770–1828) et le Polonais Lelewel s'impliquent dans le délicat projet de correction des Eaux du Jura.[11] Les travaux de correction de la Linth exécutés entre 1804 et 1816 font exception.[12] Il est vrai qu'ils profitent de circonstances particulièrement favorables. Politiquement, ses promoteurs bénéficient de l'impulsion donnée par la poussée

centralisatrice de l'occupation napoléonienne. Supervisée dans ses aspects techniques par le Badois Tulla, la correction de la Linth s'appuie largement sur l'expérience chèrement acquise au siècle précédent lors de la dérivation de la Kander dans le lac de Thoune.[13]

De son côté, la distribution d'eau en ville se heurte à une évolution urbaine lente. Dans ces conditions, les techniques restent élémentaires. Du fait de leur contexte particulier, qui les empêche de s'approvisionner en eau de source, Genève et Zurich se tournent vers la solution de puiser dans leurs cours d'eau en bâtissant des machines élévatoires. Genève se distingue dès le début du 18e siècle avec une usine élévatoire composée de trois roues pouvant actionner six pompes qui conduisent l'eau par des tuyaux de plomb à six fontaines.[14] On note une progression durant la première moitié du 19e siècle. Sous la Restauration, Genève se développe sans pour autant renoncer à ses murailles.[15] L'ancienne machine est rénovée à grands frais entre 1818 et 1821, puis une nouvelle installation est bâtie, en 1842, sur un autre site (pont de l'Ile) pour suivre l'essor immobilier des années 1830. La technologie utilisée reste largement française, sous l'impulsion de l'ingénieur cantonal Guillaume-Henri Dufour, futur général de l'armée suisse, qui a non seulement été formé à l'Ecole polytechnique de Paris, puis à celle d'application d'artillerie à Metz, mais a encore combattu pour la France pendant les guerres napoléoniennes. La première machine est érigée par un architecte parisien originaire de Bretagne (Joseph Abeille), alors que la seconde est bâtie par un maître d'œuvre (Jean Cordier) ayant dirigé l'installation de plusieurs centrales de pompage à Dôle, Béziers, Chaumont et Angoulême. Les deux roues à axe horizontal, qui actionnent chacune deux pompes, sont bâties selon les conceptions d'un autre Français (Poncelet).[16] A Zurich, les solutions locales s'inscrivent dans le mouvement de *technology push* initié par les filatures mécanisées. Ainsi, un artisan spécialisé ayant participé à la construction de la première filature d'Escher, Wyss & Cie, Blasius Baltischweiler originaire de Laufenbourg, érige en 1821 une nouvelle installation de pompage sur *l'Obere Brücke,* alors qu'Escher, Wyss & Cie s'occupe du transfert de l'installation d'une station de pompage sur le *Münsterbrücke* en 1838.[17]

La convergence des savoir-faire: vers un premier équilibre, de 1848 aux années 1880

L'élargissement du processus d'industrialisation renforce le secteur de l'énergie et débloque les deux autres composantes restées en retrait. La création d'un véritable pouvoir fédéral et l'instauration d'un savoir-faire national prodigué par des hautes écoles ont pour conséquence de concrétiser les grands projets de correction des cours d'eau, alors que l'accélération du processus d'urbanisation stimule les adductions urbaines.

La correction des cours d'eau: le déblocage institutionnel. Le milieu du 19e siècle se caractérise par l'apparition de plusieurs facteurs incitatifs sur le plan institutionnel. Incontestablement, la mise sur pied de l'Etat fédéral en 1848 permet de démêler l'écheveau des pouvoirs qui s'exercent sur un même bassin hydraulique. Désormais, la Confédération va drainer de l'argent et exercer sa haute surveillance. Par ailleurs, la création de l'Ecole spéciale de Lausanne en 1853, puis celle de l'Ecole polytechnique fédérale à Zurich en 1854, forment une structure institutionnelle, capable au même titre que les entreprises spécialisées du type d'Escher, Wyss & Cie, d'assimiler et de diffuser du savoir-faire. Les premiers professeurs d'hydraulique sont des étrangers, Allemands (Carl Culmann) à l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich et Français (Jules et Pierre-Joseph Marguet) à Lausanne.[18] Leur enseignement, comme leurs élèves qui vont devenir des experts attitrés, contribuent à accélérer la formation d'un savoir-faire national qui se substitue à celui des spécialistes étrangers. Restent les problèmes de financement et de décloisonnement.
La nouvelle Confédération conçoit un système de subventions en mettant à contribution ses experts de l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich qui évaluent et parfois proposent leur propre projet (Eaux du Jura). Toutefois, les centaines d'années d'absence de véritable pouvoir central font obstacle à des solutions rapides et il ne faut dès lors pas s'étonner si cette «mécanique fédérale» se met en place relativement lentement. Il faut attendre 1853 pour que démarre la correction du Rhin, 1863 celle du Rhône et 1868 celle des Eaux du Jura. Souvent, il faut un facteur déclenchant, comme la grande inondation du Rhône de 1860, pour que naisse un vaste mouvement de solidarité fédérale et que les vieilles rivalités entre communes, canton du Valais et autorités fédérales se débloquent.[19] Le démarrage plus tardif de la correction des Eaux

du Jura s'explique par une situation plus complexe avec trois lacs à régulariser et surtout cinq politiques cantonales à harmoniser.

Le renforcement de la construction de machines hydromécaniques (nouveaux entrants). La deuxième moitié du 19e siècle s'accompagne d'un très net élargissement de l'industrie de la construction de machines hydrauliques. Une statistique élaborée à l'occasion de l'Exposition de Philadelphie (1876) nous donne une idée du marché suisse. Elle dénombre plus de 40'000 roues et turbines hydrauliques représentant au total plus de 70'000 CV.[20] L'énergie hydraulique domine largement puisque, selon les estimations d'un ingénieur, un peu plus de 1000 machines à vapeur fixes représentent une puissance installée de 14'821 CV.[21] Le secteur hydromécanique est marqué au milieu du 19e siècle par la diffusion d'une innovation fondamentale: les turbines. Cette nouvelle technologie, empruntée principalement à la France (Fourneyron, Girard, Jonval), se substitue peu à peu aux grandes roues des années 1830.
Si l'on tient compte des exportations des principaux constructeurs, qui oscillent entre 30% et 66% de la production totale, pour la période comprise entre les années 1840 et 1880, la croissance des marchés favorise de nouveaux entrants, dont certains sont porteurs de spécialités. En Suisse alémanique, on peut observer des trajectoires identiques à celle d'Escher, Wyss & Cie, toutefois suivies avec un certain retard. Socin & Wick à Bâle (320 turbines fabriquées de 1867 à 1883)[22] est liée au développement de l'industrie textile sans que l'on puisse donner de plus amples précisions. Théodore Bell (200 turbines de 1859 à 1883)[23] basé en Suisse centrale, à Lucerne, et Johann-Jakob Rieter & Cie (350 installations complètes de distribution de force motrice),[24] à Winterthour, s'inscrivent très clairement dans un processus de remontée en amont des filatures vers la construction de machines. Venu plus tardivement à l'exploitation directe de filatures mécanisées (1812) que son concurrent zurichois (Escher, Wyss & Cie), il ne faut pas s'étonner si le processus est plus lent. L'étroitesse du marché, jusque vers le milieu du 19e siècle, ne paraît pas laisser de place à deux fournisseurs spécialisés. Si bien que pour installer ses roues hydrauliques et la mécanique de transmission, l'entreprise de Winterthour se contente dans un premier temps de faire appel à des tiers (artisans locaux, fonderies) pour ses distributions mécaniques.[25] Elle avoue manquer de place pour fabriquer dans ses ateliers les grandes roues des années 1820 et 1830, dont les diamètres peuvent atteindre 15 m. C'est une contrainte qui n'existe plus avec les turbines de dimension plus réduites.

A l'instar d'Escher, Wyss & Cie et de Thédore Bell, les générations qui suivent les fondateurs – des diplômés d'écoles d'ingénieurs – jouent un rôle fondamental dans le développement de leur entreprise. Chez J.-J. Rieter & Cie, lorsque les descendants directs font défaut, c'est un gendre, l'ingénieur David-Heinrich Ziegler (1821–1901) qui prend la direction des opérations. L'entreprise de Winterthour se distingue en se spécialisant dans les distributions de force motrice par câbles télédynamiques, une technique empruntée aux frères alsaciens Hirn. Entre 1854 et 1873, les ateliers Rieter vendent 50 transports par câbles, représentant une force cumulée de 4400 CV,[26] et participent à l'élargissement de la clientèle *(technology push)* en n'équipant pas uniquement des filatures, mais également de grandes centrales pionnières alimentant des industries installlées à proximité: scieries, industrie textile, petite métallurgie et moulins. C'est le cas à Schaffhouse sur le Rhin (1866), à Bellegarde sur le Rhône (1869) et à Fribourg sur le plateau de Pérolles (1873).[27]

En Suisse romande, en l'absence d'entraînement lié à la mécanisation de l'industrie textile, un seul constructeur d'importance s'impose. Les Ateliers Benjamin Roy, établis sur les bords du Léman à Vevey (226 turbines de 1866 à 1875), se distinguent dans la fabrication d'appareillage à air comprimé – compresseurs et turbines hydrauliques – destiné au percement du tunnel alpin du Saint-Gothard. L'origine de ce matériel provient d'une part de l'expérience acquise lors du percement du tunnel ferroviaire alpin du Mont-Cenis dans les années 1860 et d'autre part des améliorations apportées par l'ingénieur Jean Daniel Colladon (1802–1893). A Genève, un constructeur actif dès les années 1860 (Jonneret, frères à Carouge) ne perce pas et il faut attendre le développement plus tardif d'un autre entrepreneur, Piccard, Pictet & Cie, précurseur des Ateliers des Charmilles.[28]

Finalement, le tissu de la construction de machines ne se limite pas à de grands constructeurs, mais se compose également d'artisans et d'ingénieurs indépendants capables d'apporter des contributions essentielles. C'est sur cette double base qu'un support national est fourni aux planificateurs urbains de réseaux à la fin du 19e siècle.

La dynamique urbaine des stations centrales. Les réseaux combinés urbains d'adduction et de distribution de petite force motrice sont le fer de lance de l'hydromécanique dans les années 1870–1880. L'accélération du processus d'urbanisation est le principal détonateur. La poussée démographique est forte;

comme le souligne François Walter, «les villes de plus de 10'000 habitants gonflent de 3,1% par an entre 1850 et 1910».[29] En restant sur le niveau quantitatif, s'ajoutent des demandes de force motrice émanant de la petite industrie urbaine, alors sur le plan qualitatif la notion de santé publique entre en considération. Tous ces facteurs exercent une pression sur les systèmes existants qui deviennent rapidement obsolètes. En se fondant sur les exemples zurichois et genevois, on peut observer une première augmentation de la demande en eau dès les années 1860.[30] A Genève, il faut approvisionner les quartiers qui vont se bâtir sur les espaces libérés par la tombée des remparts, et les habitants des nouveaux espaces intégrés à la ville (Servette et Pâquis) réclament de l'eau pour leurs fontaines.

La fourniture de force motrice à la petite industrie urbaine est un terrain favorable à l'innovation. Un Zurichois, Albert Schmid, met au point en 1868 un petit moteur à piston alimenté par les réseaux d'eau sous pression[31] qui se diffuse avec un certain succès dès la décennie suivante. En 1878, 270 de ces moteurs sont recensés dans les principales villes du pays. Genève et Zurich se taillent la part du lion avec respectivement 80 et 87 moteurs Schmid.[32] Dans l'ensemble, les imprimeries (57 moteurs), les ébénisteries (28) et les fabriques d'eau minérale (24) sont les principaux usagers (plus de 20 moteurs). La Longue dépression, qui démarre en Suisse en 1875 et semble bien se poursuivre jusqu'en 1895, stimule la diffusion de cette nouvelle technologie. A Genève, la force motrice disponible est alors perçue comme un élément stratégique devant maintenir à niveau le tissu industriel urbain, face à la concurrence qui pèse de tout son poids avec la crise.[33] Il ne faut donc pas s'étonner si cette technologie est améliorée durant les années 1880, lors de l'installation d'un réseau à haute pression performant qui permet de desservir des espaces plus élevés (140 m au-dessus du niveau du lac contre 50 m pour l'ancien réseau). Un professeur de l'Ecole d'ingénieurs de Lausanne, Paul Piccard, associé à un entrepreneur genevois, Jules Faesch, conçoit un moteur récepteur amélioré appelé «turbine Faesch» qui présente deux grands avantages: une puissance nettement supérieure (50–70 CV) et une force parfaitement constante.

La convergence entre les trois composantes qui ne faisait que s'esquisser durant la première moitié du siècle s'installe véritablement à Zurich et à Genève à la fin du siècle. A Fribourg, la centrale de Pérolles réunit seulement la distribution de force motrice et l'adduction urbaine, alors que Zurich montre le chemin d'une intégration plus large dès les années 1870. L'inauguration de

la centrale du Letten en 1878 réunit les trois composantes du système hydraulique: force motrice (câble et eau sous pression), régularisation du lac de Zurich et adduction.[34] Presque sur le même modèle, Genève suit avec les équipements de la Coulouvrenière mise en service en 1886. Ces installations de régularisation, de pompage, de distribution d'eau et de force motrice sont les plus évoluées de l'ère préélectrique. Un spécialiste contemporain les a décrites comme des *grossartige Unternehmungen*.[35] C'est ainsi qu'une première mise en cohérence est atteinte dans les années 1870–1880 résultant d'une féconde interaction entre constructeurs de machines, inventeurs indépendants, bâtisseurs de réseaux et consommateurs. L'ingénieur genevois Théodore Turrettini (1845–1916)[36] appartient à cette catégorie de personnages définis comme des *system builders* par nos collègues anglo-saxons.[37] Un point mérite d'être souligné: concevoir, construire, puis exploiter des réseaux est un métier distinct de celui de fabricant de machines. Il ne faut dès lors pas s'étonner si Turrettini délaisse son premier métier de constructeur de machines pour se tourner toujours plus vers l'édification de centrales. C'est une leçon qui sera retenue par les fabricants de machines électriques qui mettront sur pied des sociétés *ad hoc* pour financer, bâtir et s'occuper de la première exploitation de réseaux de force et de lumière.

L'hydro-électricité: une intégration incomplète jusqu'à la Première Guerre mondiale

Nous avons la démonstration de la capacité d'adaptation du système hydraulique lorsque se pose le défi de l'électricité commerciale, une technologie exigeante de la deuxième industrialisation. La force de la diffusion de la nouvelle technologie repose d'une part sur le concept de station centrale déjà expérimenté et d'autre part sur sa capacité à assimiler de nouveaux acteurs, dont des constructeurs électromécaniques nationaux. Toutefois, tous les acteurs n'intègrent pas rapidement ce système orienté vers l'aménagement national des ressources hydrauliques, comme certaines banques d'affaires qui préfèrent financer les leaders berlinois de l'électrotechnique. Par ailleurs, la force thermique résiste à l'hydraulique. Les ingénieurs et les managers des sociétés de production d'électricité ne parviennent pas encore à tirer le meilleur parti des ressources hydrauliques.

Un essor porté par les constructeurs électromécaniques nationaux.[38] Nous l'avons constaté lors de l'analyse du développement de la composante énergie hydraulique, les constructeurs de machines forment la base de son développement. Et cette base s'élargit grâce à la naissance et au développement d'une industrie électromécanique nationale de pointe. Ce nouveau secteur à forte croissance peut s'appuyer sur un autre secteur (hydromécanique) parvenu à maturité. Il s'agit d'une typologie classique de l'industrialisation relevée par W.-W. Rostow pour expliquer la croissance économique.[39]

Force est à nouveau de constater que les débuts de cette nouvelle industrie sont largement redevables à l'extérieur.[40] Ainsi, les pionniers-constructeurs démarrent dans les premières années 1880 sur la base de matériaux et de procédés des pays avancés (USA, Allemagne), puis les améliorent en les adaptant à l'hydroélectricité. Les conditions du transfert sont très favorables, la technologie de base étant relativement simple (dynamos et lampes). Toutefois, les constructeurs ne semblent pas vraiment profiter de l'absence d'une législation fédérale protégeant les inventions jusqu'en 1888. En effet, la plupart acquièrent une licence de fabrication. On peut noter deux catégories de constructeurs électromécaniques. La première est formée d'entreprises déjà établies qui diversifient leur activité pendant la Longue Dépression. Ainsi la Société suisse pour la construction de locomotives et de machines (SLM), fondée à Winterthour en 1871, commence la production de machines électriques en 1883 sur la base d'un brevet Gérard acquis à une société parisienne de Courbevoie, alors que les Ateliers de construction Oerlikon entreprennent la fabrication de machines électriques dès 1884 sur la base de dynamos anglaises, dérivées de la machine conçue par le Belge Zénobe Gramme. On note avec intérêt la venue d'un constructeur de machines hydrauliques, J.-J. Rieter & Cie, qui tente de maîtriser l'électricité. La seconde catégorie est formée de nouveaux entrants: De Meuron & Cuénod (précurseurs des Ateliers de Sécheron) à Genève et Alioth à Bâle (1881), puis Brown, Boveri & Cie à Baden (1891).

Même si globalement l'industrie électromécanique helvétique connaît un grand développement, toutes les filières ne rencontrent pas le même succès. Il est vrai que les constructeurs doivent affronter dès les années 1890 de nombreux défis techniques jusqu'à la Première Guerre mondiale (passage des courants continus aux courants alternatifs; turbines à vapeur, traction à voie normale). Et tous ne sont pas prêts à les affronter, d'autant plus que le retour à la croissance générale dès le milieu des années 1890 permet de recentrer l'activité sur leurs pro-

duits principaux. Ainsi, SLM vend son secteur au milieu des années 1890, estimant que c'est une affaire de spécialistes, alors que le repreneur, J.-J. Rieter & Cie, poursuit quelque temps avant de renoncer à son tour en 1905. La situation est plus délicate pour les nouveaux entrants qui ne peuvent pas se replier sur d'autres gammes de produits. Ainsi le constructeur genevois, pourtant parti en tête au début des années 1890, trébuche sur la première marche des défis majeurs (passage aux courants alternatifs). Selon un cheminement inverse à ses homologues alémaniques, sa tentative de diversification vers l'industrie mécanique, principalement la construction d'automobiles, ne passe pas le cap de la concurrence devenue très forte dès 1910.

Cependant, il est délicat de généraliser. Les deux entreprises qui réussissent le mieux à long terme sont une ancienne qui a élargi ses activités vers la nouvelle technologie (Ateliers de construction Oerlikon) et une nouvelle firme spécialisée (Brown, Boveri & Cie). Cette dernière bénéficie de plusieurs avantages. Il y a d'abord l'expérience acquise auprès d'une ancienne entreprise – les deux cofondateurs sont des anciens des Ateliers de construction Oerlikon – qui peut être mise au service d'une nouvelle structure entièrement tournée vers le nouveau produit. Et surtout, les deux cofondateurs sont chacun insérés dans des réseaux complémentaires. Le Britannique Charles. E. Brown (1863–1924) peut s'appuyer sur sa parenté pour relever avec succès de nombreux défis techniques, alors que du point de vue commercial, l'Allemand Walter Boveri (1865–1924) dispose de relations pour reproduire avec succès les stratégies financières d'intégration verticale menées vers les marchés, dites d'*Unternehmergeschäft,* initiées par les leaders d'Outre-Rhin.

Innovation et choix institutionnels: entreprises publiques et privées. Les villes, du fait de la concentration des consommateurs potentiels, sont les premiers marchés les plus intéressants. Le modèle en régie directe des municipalités s'impose entre 1891 et 1899 dans les principales cités du pays.[41] Il se trouve que la vitalité des Services municipaux des eaux de Genève et de Zurich, évoquée plus haut, joue un rôle fondamental dans la mesure où elle sert de passerelle pour passer avec succès le cap de l'hydro-électricité. En effet, à partir du milieu des années 1880, les applications commerciales de l'électricité commencent à s'ériger sous forme de réseau adaptable aux centrales hydrauliques. Après avoir accordé de courtes concessions à des sociétés privées,[42] les municipalités zurichoise et genevoise transforment au début des années 1890 leur ancienne cen-

trale hydraulique en centrale électrique. Ce n'est qu'une première étape qui débouche sur la construction des grandes centrales spécialement conçues pour produire de l'électricité en grandes quantités et à bas prix. Une question d'importance se pose. Comment les municipalités pilotes ont-elles pu s'extraire de leur choix initial en faveur de la technologie encore récente de l'eau sous pression et échapper ainsi à une situation de *lock-in?* L'avènement de la nouvelle technologie électrique permet d'exercer des fonctions plus larges, notamment l'éclairage, et s'inscrit dans un contexte de montée en puissance des municipalités urbaines. Il ne faut donc pas s'étonner si elles rachètent les compagnies gazières lors du retour des concessions durant les années 1880–1890[43] et si elles élargissent leur compétence à l'exploitation directe des tramways qui venaient de s'installer (sauf Genève et Lausanne).

Associées aux constructeurs nationaux qui leur fournissent de l'équipement de pointe, les entreprises publiques bâtissent des réseaux d'envergure. A Genève, l'usine hydro-électrique de Chèvres inaugurée lors de l'Exposition nationale de 1896 devance les leaders allemands. Elle est le résultat de l'impulsion donnée par Théodore Turrettini, bien intégré dans le réseau international des spécialistes. En effet, ses compétences acquises lors de la construction de la centrale de la Coulouvrenière le propulsent en 1891 à la Commission internationale pour l'aménagement des Chutes du Niagara. En retour, il fait bénéficier sa ville natale de cette expérience américaine qui lui a permis de passer en revue les solutions techniques les plus évoluées. Ainsi, il ne faut pas s'étonner si le réseau genevois présente des similitudes avec celui des Chutes du Niagara.[44] La centrale distribue une partie de son courant sur place à des industries électrochimiques grandes consommatrices d'énergie, alors qu'une autre partie est transportée par des lignes à haute tension pour approvisionner le réseau urbain et ses environs.[45] Les autres entreprises municipales suivent le mouvement. Avant la Première Guerre mondiale, les principales municipalités urbaines possèdent une grande centrale hydro-électrique approvisionnant un réseau général de force et lumière (Lausanne 1901, Zurich, 1910, Bâle 1912).

Les bâtisseurs de système ne visent pas uniquement les marchés urbains, mais également les autres contrées. Deux modèles sont observables: cantonal et privé. Le modèle privé est le résultat des stratégies d'intégration verticale menées vers les marchés par le constructeur Brown, Boveri & Cie. Il est très novateur (exploitation en parallèle d'une centrale au fil de l'eau avec une autre à accumulation saisonnière dès 1908) et ne connaît pas les frontières. Avant la

Première Guerre mondiale, certaines usines bâties par la filiale du constructeur (Motor) sont connectées à des centrales française, alsacienne et allemande. La Motor bâtit plusieurs centrales au Tessin, dans le nord-est de la Suisse et dans le canton de Soleure. Avec un décalage de quelques années par rapport aux municipalités et au secteur privé, les cantons qui bénéficient de nombreux atouts entrent également en scène. En règle générale, le droit d'accorder des concessions hydrauliques pour y établir des centrales électriques leur appartient, à l'exception de trois d'entre eux (Valais, Grisons, Appenzell). Ceux qui disposent de l'appui d'une banque cantonale, de marchés adéquats constitués de vallées industrielles, de chemins de fer locaux, de villages et/ou d'une volonté populaire favorable à l'exploitation des réseaux avec l'appui des collectivités publiques, sont encore mieux placés. Tous ces facteurs, lorsqu'ils bénéficient de l'impulsion donnée par leur Département des travaux publics, débouchent sur la formation d'entreprises cantonales à partir de 1900 (Vaud dès 1901, Berne 1906, Zurich et Schaffhouse 1908, Saint-Gall 1909, Thurgovie 1910).[46] Comment ces entreprises cantonales aquièrent-t-elles le savoir-faire? Celles qui sont appelées à prendre place parmi les plus puissants producteurs du pays, comme les Forces motrices bernoises et les Forces motrices du Nord-Est, profitent directement des réseaux novateurs bâtis par la filiale de Brown, Boveri & Cie. Le canton de Berne (1906) et le Nord-Est (1914) acquièrent à la Motor une infrastructure à la pointe du progrès composée notamment des centrales interconnectées de Kander-Hagneck et de Beznau-Löntsch.[47] Les autres entreprises cantonales s'appuient également sur les constructeurs nationaux pour ériger leur infrastructure. Ainsi, le marché intérieur se ferme-t-il à la concurrence étrangère et les constructeurs nationaux, qui ne pratiquent pas l'*Unternehmergeschäft* (stratégies d'intégration verticale), disposent grâce ces commandes d'un marché dynamique qu'ils n'ont pas besoin de financer avec leurs propres moyens.

Les freins à la convergence: coexistence critique avec le système parallèle des banques d'affaires et résistance de la force thermique. Si les constructeurs nationaux et les entreprises publiques intègrent totalement l'objectif de l'aménagement national des ressources hydrauliques, certaines grandes banques d'affaires zurichoise et bâloise ont d'autres priorités. Non seulement, la plupart sont restées en retrait des premières innovations contraignant les pionniers-innovateurs à les financer par leurs propres moyens (associés, relations familiales…), mais une fois la démonstration faite du volume d'affaires généré par

l'électricité commerciale, elles préfèrent faire leurs investissements chez les leaders berlinois. En s'associant avec des banques allemandes, italiennes et françaises, le Crédit suisse forme à Zurich en 1895 une holding (Electrobanque) qui participe au financement du développement du groupe AEG en Europe et dans le monde. Sur le même modèle, la Banque commerciale de Bâle constitue l'année suivante, avec des banques allemandes et autrichiennes, une financière (Indélec) qui fonctionne pour le compte de Siemens.[48] Quant à la Société de banque suisse et aux banquiers privés genevois, ils préfèrent constituer des financières indépendantes, libres officiellement de toutes attaches avec un constructeur attitré.[49]

Un autre facteur qui ralentit le phénomène d'intégration nationale, plus particulièrement l'aménagement global des ressources hydrauliques, est la production d'électricité d'origine thermique qui joue un rôle non négligeable avant l'entre-deux-guerres. Il existe d'abord un phénomène de solution transitoire. On note un écart entre les demandes pressantes émanant des habitants, des commerçants et des sociétés de tramways[50] et la possibilité pour les municipalités d'y répondre par le moyen d'une infrastructure hydro-électrique. La difficulté n'est pas seulement technique: les municipalités affrontent la concurrence des sociétés privées et parfois même de leur propre canton pour acquérir une concession sur un cours d'eau. Ainsi, pour ériger leur centrale, les municipalités de Lausanne et de Zurich sont poussées hors de leur propre canton, respectivement en Valais et dans les Grisons. Dans l'attente de la mise en service de leur centrale au fil de l'eau, quelques villes, notamment Lausanne et Saint-Gall, recourent à des centrales à gaz pour fournir l'énergie aux tramways.[51] Par ailleurs, la municipalité bâloise, qui peut facilement importer du charbon par voie fluviale, s'inscrit dans une *dépendance du sentier* thermique. Il ne faut dès lors pas s'étonner si son Service d'électricité fait exception en Suisse en bâtissant une centrale électrique à gaz et à vapeur pour produire son énergie à courant continu.[52] Enfin, la plupart des exploitants de centrales hydro-électriques au fil de l'eau ont besoin de force thermique comme appoint pour compenser la baisse des débits hivernaux. Ainsi de 1900 à 1915, la puissance installée des groupes thermiques progresse, passant de 1% de la puissance totale installée à 10%. En 1914, environ 40% de toutes les centrales hydro-électriques disposent de génératrices thermiques, alors qu'une dizaine seulement ne sont que des centrales thermiques.[53] La résistance thermique se marque aussi dans les usages. Avant l'éclatement de la Première Guerre mondiale, seule la moitié des fabriques

tire son énergie d'un réseau de distribution électrique. Pour la traction, l'effort est plus particulièrement porté sur les petites lignes, bien qu'il ne soit pas encore totalement accompli. Ainsi dès 1909, la quasi-totalité des tramways fonctionne à l'électricité, mais seulement 62% des lignes à voies étroites sont électrifiées. Quant aux voies normales, la nouvelle technologie de traction ne fait que débuter (6,8%).[54]

Vers l'intégration fédérale, de 1918 aux années 1960

Le recentrage sur les intérêts nationaux. La Première Guerre mondiale, qui s'accompagne en Suisse de difficultés d'approvisionnement en charbon, a pour conséquence de stimuler très largement l'utilisation des ressources indigènes. A côté du bois, l'eau est mise à contribution. La part de l'eau en tant qu'agent énergétique primaire double entre 1914 et 1918, passant de 7,% à 13,%.[55] Autre conséquence de la guerre, les holdings alémaniques qui travaillaient pour des groupes berlinois sortent de l'influence allemande.[56] La défaite des Puissances centrales et les désordres monétaires qui s'ensuivent provoquent le départ des administrateurs allemands. Il est difficile de préciser si c'est la pression des vainqueurs qui oblige ces partenaires privilégiés à rendre leur poste d'administrateur ou si ceux-ci souhaitent seulement réaliser des plus-values sur leurs titres en profitant de la baisse du Mark et de la hausse du franc suisse. Il semble plus probable que ce départ soit une condition au maintien des affaires internationales des holdings helvétiques. Toujours est-il que désormais, si les financières électriques suisses continuent de faire des affaires surtout à l'extérieur de la Suisse, c'est pour leur propre compte.

Enfin, l'énergie hydro-électrique en provenance des barrages alpins à accumulation saisonnière se substitue à la force thermique d'appoint. Cette solution trop coûteuse pour un exploitant se diffuse par des *Partnerwerke* qui s'inscrivent dans le nouveau courant de la coopération prônée durant l'entre-deux-guerres.[57] En effet, l'une des conséquences de la Première Guerre mondiale est de montrer qu'il faut interconnecter les réseaux en vue d'une utilisation plus rationnelle des ressources hydrauliques, certains disposant de surplus alors que d'autres manquent d'électricité. De crainte qu'un réseau fédéral ne soit imposé par le haut,[58] les grandes sociétés préfèrent réaliser leur propre projet. Les groupes alémaniques montrent le chemin en formant en mai 1918 la Société

suisse pour le transport et la distribution d'énergie électrique. Mais cette société ne perdure pas, car l'interconnexion régionale était largement réalisée dès avant la Première Guerre mondiale en Suisse alémanique, en partant sur les bases posées par la filiale de Brown, Boveri & Cie. Par contre, en Suisse romande, où le marché de la production et du transport à grande échelle est cloisonné, un groupe formé en 1919, l'Energie de l'Ouest-Suisse, interconnecte les réseaux et produit de l'énergie de régularisation saisonnière (Ière Dixence).
Cette nouvelle tendance s'accompagne d'une normalisation. Pour les échanges entre réseaux, l'alternatif triphasé à 50 Hz s'impose. Les Services industriels de Genève doivent construire des transformateurs pour adapter leur réseau qui fonctionne encore en biphasé, ceux de Lausanne détruire leur ligne à courant continu et les Forces motrices bernoises reconstruire progressivement leur ancien réseau qui fonctionnait en 42 Hz. Durant l'entre-deux-guerres, le marché de l'électricité s'élargit considérablement. A la veille de l'éclatement de la Seconde Guerre mondiale, presque toutes les fabriques sont reliées à un réseau de distribution d'électricité et, surtout, les Chemins de fer fédéraux ont entrepris de vastes travaux pour introduire la traction électrique sur leur réseau ferré.

L'électrification des Chemins de fer fédéraux: un sommet de l'intégration nationale. Le resserrement des liens entre les acteurs impliqués dans le développement de l'hydro-électricité trouve un terrain d'entente particulièrement fécond lors de l'électrification des Chemins de fer fédéraux. Ces derniers, gros consommateurs de charbon pendant la guerre, avaient particulièrement souffert des difficultés d'approvisionnement. Au milieu du conflit, entre décembre 1915 et janvier 1916, la délicate question du choix du système à adopter, restée pendante depuis longtemps, est subitement tranchée en faveur de l'alternatif monophasé à 15'000 volts et 16 2/3 Hz. En 1918, un pas supplémentaire est franchi lorsque la Direction générale décide de ne pas introduire la traction électrique sur le seul tronçon du Saint-Gothard, mais sur l'ensemble de son réseau.[59] Cette affaire prend un tournant encore plus national, lorsque le conseil d'administration décide d'adresser l'ensemble des commandes aux constructeurs nationaux en difficulté. Ainsi, les concurrents italiens et allemands, allant parfois jusqu'à proposer de l'équipement 50% moins cher que leurs homologues helvétiques, sont écartés. La Crise de reconversion, amplifiée en Suisse par la cherté du franc, menace l'industrie suisse des machines qui ne trouve plus de marchés à l'extérieur. Par conséquent, les commandes fédérales, estimées entre 30 et 35 mio. fr. annuels à

répartir entre fabricants nationaux, apparaissent comme un véritable plan de relance.[60] A la veille de l'éclatement de la Seconde Guerre mondiale, le 92,9% du trafic des CFF passe par des lignes électrifiées.
On peut également parler d'intégration nationale pour les usages de l'électricité. A la veille de la Seconde Guerre mondiale, le processus d'électrification des fabriques est pratiquement achevé: 90% d'entre elles sont reliées à un réseau de distribution de force et de lumière. Parallèlement, les usagers domestiques utilisant la nouvelle énergie se multiplient. Ainsi, durant les années 1930, malgré la crise, les appareils à corps de chauffe augmentent de plus de 100'000 unités par an.[61]

De l'épanouissement à la perte de maîtrise (1950–1990). Le sentiment d'accomplissement par les acteurs d'une mission d'indépendance nationale est encore renforcé pendant la Seconde Guerre mondiale. A nouveau, les difficultés d'approvisionnement en charbon stimulent la production d'énergie indigène, dont l'énergie hydro-électrique nationale. La part de l'hydraulique par rapport aux autres énergies primaires atteint son maximum historique en 1945 (35%).[62] Selon un plan établi pendant la guerre, de nouvelles centrales sont construites, un programme qui atteint son apogée lors de la dernière grande vague de construction de barrages alpins dans les années 1950–1960 (Grande-Dixence; Oberhasli, Grimsel, Mauvoisin, Blenio, Maggia).[63] Toutefois, la dynamique nationale du système recomposé autour de l'électricité s'achève lorsque les principales ressources hydrauliques sont aménagées. L'échec de la mise au point d'un réacteur nucléaire national peut être considéré comme une perte de maîtrise de l'ensemble de la chaîne des composants centrés sur le secteur électrique. Il est vrai que les moyens à disposition manquent dans un contexte dominé par les grands programmes de recherches, très coûteux, que seuls les grands pays peuvent s'offrir. Par ailleurs, les rivalités entre constructeurs enrayent la coopération.

Conclusion

Cette étude montre toute la dynamique d'un secteur stimulé par un facteur d'incitation de premier plan tel que l'indépendance énergétique, que ce soit en termes d'emprunts de technologies étrangères à adapter aux conditions suisses,

de pluralité des secteurs concernés, de capacité à intégrer de nouveaux acteurs et surtout à faire converger les filières techniques pour former des systèmes cohérents. Les formes d'organisation qui accompagnent l'élaboration des ces systèmes s'inscrivent également dans le registre de l'indépendance face à un extérieur perçu comme menaçant. Après le retour au protectionnisme provoqué par la Longue Dépression de la fin du 19e siècle, vient le temps des deux guerres mondiales. C'est pourquoi une place de choix est accordée aux exploitants de réseaux contrôlés par des collectivités publiques qui adressent toujours leurs commandes à des fournisseurs d'équipement nationaux. C'est le meilleur rempart contre des mainmises étrangères du type de celles que les barons de la finance parisiens et berlinois avaient exercées sur les principales compagnies ferroviaires suisses durant l'ère des concessions privées, justifiant ainsi la nationalisation adoptée par le peuple en 1898. Finalement, nous avons pu souligner que le passage d'un système à un autre s'établit dans la continuité. Il n'y a donc pas de véritable saut technologique, car les entrepreneurs impliqués – *system builders* et fournisseurs d'équipement – ne se seraient pas engagés sur cette voie en prenant des risques démesurés.

Notes

1 Voir notamment Bertrand Gille (dir.), *Histoire des techniques. Techniques et civilisations, techniques et sciences,* Paris 1978, p. 10–78; Thomas Hughes, *Networks of power,* Londres 1983; François Caron, *Les deux révolutions industrielles du XXe siècle*, Paris 1997. Voir aussi, dans un numéro des *Annales* spécialement consacré à l'histoire des techniques, les contributions consacrées aux grands systèmes techniques de Thomas Hughes, «L'histoire comme systèmes en évolution» et de François Caron, «La naissance d'un système technique à grande échelle. Le chemin de fer en France», *Annales. Histoire, Sciences sociales* 53 (1998), respectivement p. 839–857 et 859–885.
2 Caron (cf. note 1), p. 17–18.
3 Voir Jean-François Bergier, *Histoire économique de la Suisse,* Lausanne 1984, p. 182.
4 Hannes Hofmann, *Die Anfänge der Maschinenindustrie in der deutschen Schweiz (1800–1875)*, Zurich 1962, p. 81.
5 Caron (cf. note 1), p. 26.
6 Charlotte Peter, «Hans Caspar Escher (1775–1859)», *Schweizerische Pioniere der Wirtschaft und Technik* 6 (1956), p. 9–30.
7 Selon *Escher-Wyss 1805–1955,* Zurich 1955, p. 13.
8 *Ibid.,* p. 5 et 222.
9 Peter Dudzig, *Innovation und Investition. Technische Entwicklung und Unternehmerentscheide in der schweizerischen Baumwollspinnerei 1800 bis 1916,* Zurich 1987, p. 131–143.

10 Franz Hoigné, *Gründung und Entwicklung der Spinnerei und Maschinenfabrik Escher, Wyss & Cie,* Zurich 1916, p. 50–51; Hofmann (cf. note 4), p. 82.
11 Voir *Feuille fédérale* I (1857), p. 257–259.
12 Voir Daniel Vischer, *Schweizerische Flusskorrektionen im 18. und 19. Jahrhundert,* Zurich 1946, p. 34–44.
13 Georges Grosjean, *Die Ableitung der Kander in den Thunersee,* Thoune 1963.
14 Selon un inventaire établi en 1726.
15 Voir Anita Frei, *Samuel Darier. Architecte à Genève (1808–1884),* Genève 1999, p. 16.
16 Voir Alphonse Bétant, *Puits, fontaines et machines hydrauliques de l'ancienne Genève,* Genève 1941, p. 54–93; Marcel Roesgen, *La force motrice du Rhône,* autographié, Genève 1990, p. 15–16.
17 Voir Elisabeth Suter, *Wasser und Brunnen im alten Zürich,* Zurich 1981.
18 Pour la naissance et le développement de cette école d'ingénieurs de Lausanne, voir Maurice Paschoud, «Notice historique. Les cinquante premières années (1853–1953)», *Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne. Ouvrage publié à l'occasion de son centenaire,* s. l., s. d.
19 Gabriel Bender, *De la Camargue à la Californie. La plaine, le Rhône et les riverains (1750–1860),* mémoire de diplôme en histoire économique, Université de Genève s. d.
20 W. Weissenbach, «Die Wassermotoren der Schweiz für die Internationale Ausstellung in Philadelphia 1876», *Die Eisenbahn / Le Chemin de fer* (1876), p. 8–11, ici 8.
21 Roman Abt, «Statistik der Locomotiven, Dampfkessel und Dampfmaschinen der Schweiz 1877», *Technische Mittheilungen des Schweizerischen Ingenieur und Architecten Vereins* 13 (1878), p. 32.
22 G. Veith, «Dampfkessel, Dampf- und Wassermotoren, Wasser- und Luftförderungs-Maschinen, Lastenhebemaschinen, Regulatoren, Maschinenbestandtheile u. s. w.», *Bericht über Gruppe 22: Maschinen-Industrie, Schweizerische Landesausstellung Zürich 1883,* Lucerne 1884, p. 22–26.
23 *Ibid.*
24 *Ibid.*
25 *150 Jahre Rieter Winterthur*, Winterthour 1947, p. 9.
26 David Heinrich Ziegler, *Die industriellen Etablissements der Firma Joh.-Jacob Rieter & Co in Winterthur,* Winterthour 1873, p. 29.
27 Pour les centrales de Schaffhouse et de Fribourg, voir Serge Paquier, *Histoire de l'électricité en Suisse. La dynamique d'un petit pays européen (1875–1939),* Genève 1998, t. 1, p. 303–331; pour celle de Bellegarde, voir Jean Lafoucrière, «Bellegarde. Naissances et mutations d'un site industriel», *Bulletin d'histoire de l'électricité* 13 (1989), p. 83–91.
28 W. Ryter, «Un peu d'histoire», *Le Trio. Journal d'entreprise des Ateliers des Charmilles* 1 (1963); *Guide technique de Genève,* Genève 1943, p. 128.
29 François Walter, *La Suisse urbaine 1750–1950*, Carouge 1994, p. 37.
30 Pour l'exemple lucernois, voir Fabian Hodel, *Versorgen und gewinnen,* Lucerne 1997, p. 101–130.
31 Selon Edouard Lullin, *Rhône et Arve. Notice sur le développement du Service des eaux et de l'industrie en général à Genève,* Genève 1876, p. 13.
32 *Die Eisenbahn / Le chemin de fer* (1878), p. 123.
33 *Rapport de la commission chargée de faire une enquête sur la situation industrielle du canton de Genève,* Genève 1876, p. 4.
34 Voir Niklaus Schnitter, *Die Geschichte des Wasserbaus in der Schweiz,* Oberbözberg 1992, p. 130, 149–150.
35 A. Klausmann, «Beschreibung der zur Zeit bekannten Gattungen von Centralanlagen der

Krafterzeugung für das Kleingewerbe und kritische Beleuchtung derselben in technischer und wirtschaftlicher Beziehung», *Glaser's Annalen für Gewerbe und Bauwesen* 32 (1893), p. 230.

36 Catherine Turrettini, *Théodore Turrettini. Sa vie, son œuvre,* Genève 1918.

37 Thomas Hughes, «L'histoire comme systèmes en évolution», p. 841; *Id.,* «Walter Rathenau: system builder», in: Tilmann Buddensieg, Thomas Hughes, Jürgen Kocka et al. (éd.), *Ein Mann vieler Eigenschaften: Walter Rathenau und die Kultur der Moderne,* Berlin 1990, p. 9–31.

38 Voir Paquier (cf. note 27), t. 1, p. 409–476 et t. 2, p. 605–722.

39 Voir W.-W. Rostow, *The process of economic growth,* Oxford 1960.

40 Nous nous fondons ici sur Paquier (cf. note 27), t. 1, p. 409–476 et t. 2, p. 605–722.

41 Voir W. Trüb, «Les entreprises électriques communales et municipales», *Bulletin de l'Association suisse des électriciens* 36 (1945), p. 584–588.

42 Les cas genevois, lausannois et zurichois ont été analysés: voir Paquier (cf. note 27), t. 1, p. 545–558; Monique Savoy, *Lumière sur la ville,* Lausanne 1988, p. 21–47; David Gugerli, *Redeströme,* Zurich 1996, p. 60–61.

43 Pour les exemples genevois et lausannois, voir Serge Paquier, «Les Ador et l'industrie gazière (1843–1925)», in: Roger Durand, Daniel Barbey, Jean-Daniel Candaux (éd.), *Gustave Ador. 58 ans d'engagement politique et humanitaire,* Genève 1996, p. 139–179; Dominique Dirlewanger, *Les Services industriels de Lausanne (1896–1901),* Lausanne 1998, p. 23–52.

44 Edward Adams, *History of the Niagara Falls Power Co (1886–1918)*, 2 vol., New York 1927.

45 Théodore Turrettini, *Usine de Chèvres. Notice historique et descriptive des travaux exécutés par la Ville de Genève de 1893 à 1899,*Genève 1900.

46 Ayant racheté dès 1888 la centrale de Pérolles, la précocité du canton de Fribourg fait exception. Pour les stratégies cantonales, voir Paquier (cf. note 27), t. 2, p. 808–831.

47 Pour les Forces motrices du Nord-Est, (Nordostschweizerische Kraftwerke, NOK), voir Archives NOK à Baden, *Vertrag zwischen den Kantonen Aargau, Glarus, Zürich, St. Gallen, Thurgau, Schaffhausen, Schwyz, Appenzell A.-Rh. und Zug betreffend Gründung der Gesellschaft der Nordostschweizerischen Kraftwerke Aktien-Gesellschaft.*

48 Voir Peter Hertner, «Les sociétés financières suisses et le développement de l'industrie électrique jusqu'à la Première Guerre mondiale», in: Fabienne Cardot (éd.), *Un siècle d'électrification dans le monde (1880–1980),* Paris 1987, p. 341–355.

49 Paquier (cf. note 27), t. 2, p. 1033–1060, 1067–1080.

50 Entre 1894 et 1898, la plupart des villes suisses disposent d'un réseau de tramways (Genève 1894, Bâle 1895, Lausanne 1896, Fribourg, La Chaux-de-Fonds et Saint-Gall en 1897, Berne et Winterthour en 1898). Walter (cf. note 29), p. 207.

51 Pour Lausanne, se référer à Dirlewanger (cf. note 43), p. 105–106.

52 *Das Elektrizitätswerk Basel. Rückblick auf die Jahre 1899–1949,* Bâle 1949, p. 12–16.

53 Walter Wyssling, *Die Entwicklung der Schweizerischen Elektrizitätswerke und ihrer Bestandteile,* Zurich 1946, p. 502.

54 A. Härry, *Entwicklung der Schweizer. Wasser- und Elektrizitätswirtschaft (1909–1934),* Zurich 1935, p. 40–44.

55 Office fédéral de l'énergie (éd.), *Statistique suisse de l'énergie (1910–1985)*, tiré à part du *Bulletin de l'Association suisse des électriciens* 22 (1987), p. 50.

56 Voir Luciano Segreto, «Du Made in Germany au Made in Switzerland. Les sociétés financières suisses pour l'industrie électrique dans l'entre-deux-guerres», in: Monique Trédé (éd.), *Electricité et électrification dans le monde,* Paris 1992, p. 347–367.

57 Voir Manuel Saitzew, *Die Partnerwerke in der Schweizerischen Elektrizitätswirtschaft,* Zurich 1950.

58 A. Härry, «Der elektrische Zusammenschluss der schweizerischen Wasserkraftwerke. Die Eidgenössische Sammelschiene», *Schweizerische Wasserwirtschaft* VII (1914–1915), p. 95–99.

59 Voir *Die Elektrifizierung der Schweizerischen Bundesbahnen. Bericht über die IX. Diskussionsversammlung des Schweizerischen Wasserwirtschaftverbandes vom 14. Dezember 1915 in Bern,* Zurich 1916; Procès-verbaux des séances du conseil d'administration des CFF, janv. 1918–nov. 1922, 30. 8. 1918, p. 151–161.

60 Selon la direction de la Compagnie de l'industrie électrique. Voir Gilles Forster, *Une entreprise romande d'électrotechnique face aux difficultés de l'entre-deux-guerres: le cas de la S. A. des Ateliers de Sécheron,* mémoire de diplôme d'histoire économique de l'Université de Genève, 1996, p. 52.

61 Härry (cf. note 58), p. 33–34.

62 Office fédéral de l'énergie (éd.), *Statistique suisse de l'énergie,* p. 51.

63 Voir Gérard Beltz, *Histoire de la politique de l'énergie en Suisse (1874–1990),* Lausanne 1996, p. 21.