

Les villes suisses résistent à la vapeur

Cédric HUMAIR

Que peut apporter le cas suisse à une histoire des énergies alternatives et renouvelables ? La réponse tient en un mot, l'eau, et un chiffre, 31 %, qui représente la part maximale prise par cet agent énergétique, au milieu du xx^e siècle, dans le mix suisse¹. Même si la filière hydraulique se développe aussi dans d'autres pays, manifestant parfois un certain dynamisme technique, l'ampleur et la précocité de l'utilisation de l'eau sont exceptionnelles en Suisse². Ainsi, vers 1950, la part de l'eau avoisine 1 % à l'échelle mondiale et 2 % en France.

Comment expliquer un tel poids de l'hydraulique en Suisse ? En l'absence presque complète de charbon sur le territoire de la Confédération, les acteurs du développement économique ont fait preuve d'une ingéniosité débordante afin d'exploiter au mieux

1. Pour toutes les informations statistiques concernant la Suisse, voir Heiner Ritzmann-Blickenstorfer (éd.), *Statistique historique de la Suisse*, Zurich, Chronos, 1996, tab. J1, p. 588 et Daniel Marek, *Kohle. Die Industrialisierung der Schweiz aus der Energieperspektive. 1850-1900*, thèse, Berne, autoédition, 1992, tab. A3, p. 232. Pour les données comparatives, voir Vaclav Smil, *Energy Transitions. History, Requirements, Prospects*, Santa Barbara, Praeger, 2010, appendix, p. 155 et *Energy History*, Joint Center for History and Economics, <www.fas.harvard.edu/~histecon/energyhistory/energydata.html>, consulté le 7 janvier 2019.

2. On trouvera un bilan de l'utilisation de l'eau en Europe dans Astrid Kander, Paolo Malanima et Paul Warde, *Power to the People. Energy in Europe over the Last Five Centuries*, Princeton/Oxford, Princeton University Press, 2013, p. 154-155. Sur la dynamique de l'hydraulique en France, voir Serge Benoît, « De l'hydromécanique à l'hydro-électricité. Le rôle des sites hydrauliques anciens dans l'électrification de la France. 1880-1914 », in Fabienne Cardot (dir.), *La France des électriciens 1880-1980*, Paris, PUF, 1986, p. 5-36.

cette ressource locale, abondante et bon marché. Dans tous les domaines de consommation de la force motrice – de la production industrielle aux équipements hôteliers, en passant par les transports – ils ont cherché des solutions techniques, économiques et politiques permettant son utilisation. Certes, à partir de 1855, la connexion de la Suisse au réseau ferroviaire international a occasionné une transition tardive, mais massive, vers les énergies fossiles. De 1851 à 1914, la part du charbon dans le mix énergétique est passée de 3 % à 78 %, tandis que la consommation d'énergie était multipliée par six. Intuitivement, on pourrait en déduire que la vapeur a étouffé dans l'œuf la filière hydraulique. Il n'en a rien été : la recherche de solutions alternatives à la filière fossile n'a pas faibli, bien au contraire.

Il s'agit ici de mettre en évidence le foisonnement des démarches innovantes durant la période située entre l'envol de la filière fossile, au milieu des années 1850, et celui de l'hydroélectricité, au début des années 1890, en replaçant cette évolution technique dans un cadre plus large, allant du contexte économique à l'imaginaire des acteurs. Les études de cas se concentrent sur les villes, espaces les plus réfractaires à la vapeur, et s'intéressent surtout au talon d'Achille de la filière hydraulique, à savoir la transmission de la force motrice à distance. Il convient également d'interroger cette résistance à la toute-puissance du charbon. Pourquoi les acteurs n'ont-ils pas suivi la tendance lourde d'une conversion à la vapeur ? Deux pistes explicatives peuvent être esquissées.

En premier lieu, les avantages comparatifs de la force motrice hydraulique sont indéniables : sa flexibilité et ses coûts d'installation et d'exploitation modestes constituent des atouts recherchés par les petites et moyennes entreprises (PME) qui dominent alors le tissu industriel suisse ; son usage permet par ailleurs d'éviter les nuisances liées à la vapeur (pollution, bruit, risque d'accident), un avantage majeur en milieu urbain ainsi que dans les régions touristiques.

En second lieu, il faut tenir compte de la question de la dépendance énergétique. Après les problèmes d'approvisionnement rencontrés durant le conflit franco-prussien de 1870, les importations massives de charbon étranger sont de plus en plus considérées comme un risque économique et politique. Dès lors, la menace d'un embargo influence implicitement tout choix énergétique en Suisse.

Les alternatives développées ont-elles joué un rôle marginal ou ont-elles eu une importance quantitative et/ou qualitative au sein du système énergétique? De ce point de vue également, le cas suisse présente un intérêt certain, car les systèmes techniques développés pour exploiter la force hydraulique y ont largement participé au succès économique. D'une part, ils fournissent l'essentiel de la force motrice en ville, à des coûts contribuant à la compétitivité des entreprises. D'autre part, ils permettent le passage rapide et réussi vers l'hydroélectricité et l'électrotechnique.

Les spécificités du système énergétique suisse

Certaines régions suisses figurent parmi les plus précoces à s'industrialiser en Europe. En 1850, un tiers des actifs sont déjà employés dans le secteur secondaire³. Pourtant, en 1851, le mix énergétique a encore les caractéristiques d'un système préindustriel basé sur le bois (87 %), la tourbe (9 %) et l'eau (1 %), le charbon ne représentant que 3 % de la consommation – contre 17 % aux Pays-Bas, 27 % en France et 93 % en Angleterre-pays de Galles. L'industrialisation sans recours au charbon s'explique principalement par le prix élevé de ce matériau, très rare dans le sous-sol suisse et coûteux à transporter depuis les mines étrangères. En 1835, à Zurich, une roue hydraulique produit une énergie 43 % moins cher qu'une machine à vapeur⁴.

Ces conditions énergétiques ont influencé de plusieurs manières le développement industriel et social: spécialisation dans des productions de luxe à faible intensité énergétique (soieries, broderies, horlogerie), recours à la force hydraulique pour mécaniser certaines branches du textile, dissémination des plus grandes entreprises le long des cours d'eau, d'où un processus d'urbanisation plutôt lent en comparaison internationale. L'usage systématique de l'eau donne naissance à un secteur économique important qui excelle dans l'exploitation de l'énergie hydraulique et constitue un puissant groupe de pression vis-à-vis des collectivités publiques. Au milieu du

3. Heiner Ritzmann-Blickenstorfer (éd.), *Statistique historique de la Suisse, op. cit.*, tab. F1, p. 396.

4. Hannes Hofman, *Die Anfänge der Maschinenindustrie in der Deutschen Schweiz 1800-1875*, Zurich, Fretz & Wasmuth, 1962, p. 81.

XIX^e siècle, la création de deux écoles d'ingénieurs à Lausanne (1853) et à Zurich (1855) renforce encore sa compétitivité.

Après 1852, la construction du réseau ferroviaire contribue à atténuer la spécificité du système énergétique. Le charbon importé se substitue rapidement au bois et à la tourbe comme énergie de chauffage. Dans le domaine de la force motrice, les effets sont plus nuancés. La conséquence la plus radicale est une rapide mécanisation des transports avec la densification des réseaux ferroviaires et des lignes de bateaux à vapeur. Quant à l'industrie mécanisée, elle ne se convertit que partiellement à la vapeur, souvent utilisée comme une force d'appoint à des équipements hydrauliques. En 1870, la force motrice installée à Genève, ville la plus importante de Suisse, se limite à 160 chevaux-vapeur, soit 3,4 fois moins que la force hydraulique installée qui s'élève à 551 chevaux-vapeur⁵. En 1888, la vapeur ne représente que 33 % de la force motrice installée dans les entreprises suisses soumises à la loi sur les fabriques⁶.

L'arrivée du chemin de fer a aussi pour effet d'accélérer l'urbanisation. Entre 1860 et 1888, la population des cinq plus grandes villes – Genève, Bâle, Berne, Lausanne et Zurich – augmente de 54 %. Il en résulte une forte croissance de la demande en énergie de chauffage et d'éclairage. Par ailleurs, l'extension horizontale de l'habitat appelle une mécanisation des transports et l'extension des réseaux d'éclairage. Enfin, l'artisanat et la petite entreprise, en difficulté durant la Grande Dépression, réclament de la force motrice bon marché pour mécaniser leur production et améliorer leur compétitivité. Une première réponse est apportée par la construction de réseaux de distribution de gaz de houille. Amorcée tardivement, dans les années 1840, leur diffusion s'accélère avec le chemin de fer et l'arrivée d'un combustible meilleur marché. Le gaz de houille ne satisfait cependant pas la demande en force motrice. Vu les nombreux défauts du moteur à gaz (volume important, faible puissance, coût élevé), son utilisation demeure marginale dans les villes suisses.

5. Pour les statistiques concernant Genève, voir Doron Allalouf, *Genève à la fin du XIX^e siècle. Emplois de nouvelles formes d'énergie et industrialisation*, mémoire d'histoire économique, Genève, UNIGE, p. 56-58.

6. Daniel Marek, *Kohle. Die Industrialisierung der Schweiz aus der Energieperspektive. 1850-1900*, op. cit, tab. K-1, p. 255.

L'eau au service de l'industrie

Dès les années 1860, les villes suisses cherchent donc à disposer de plus de force motrice en recourant au potentiel hydraulique à disposition. L'idée est d'installer des centrales au fil de l'eau et de distribuer, à distance, de la force à plusieurs entreprises⁷. En 1866, la première centrale de distribution de force hydraulique d'Europe est inaugurée à Schaffhouse. Dix ans plus tard, elle alimente 23 fabriques avec une capacité de 595 chevaux-vapeur, soit l'équivalent de la force motrice hydraulique alors installée à Genève. Le prix de l'énergie oscille entre 120 et 140 frs/ch/an entre 1867 et 1878. D'autres centrales de ce type sont mises en service, notamment à Fribourg (1873). Pour distribuer la force hydraulique mobilisée, on utilise le câble dit « téléodynamique » développé par la firme J. J. Rieter & Cie, qui reçoit une médaille d'or de l'Exposition universelle de Paris en 1867. Entre 1853 et 1873, cette entreprise installe cinquante équipements d'une puissance totale de 4 400 chevaux-vapeur. Vu les pertes provoquées par la transmission par câble, le rayon de distribution rentable est limité à moins de 1 000 mètres. Il en résulte, pour les entreprises, des contraintes d'implantation à proximité de la centrale.

Lors de la conception de la centrale de Schaffhouse, un autre système de distribution, utilisé depuis 1853 dans une entreprise de la ville, a été envisagé : l'air comprimé. Perfectionné par les ingénieurs Jean-Daniel Colladon et Germain Sommeiller, ce procédé est employé à grande échelle lors des percements des tunnels ferroviaires du Mont-Cenis (1857-1871) et du Gothard (1872-1882). L'eau actionne des compresseurs qui envoient de l'air dans des canalisations de petit diamètre alimentant des perforatrices. En raison du faible rendement de ce système, les centrales hydrauliques urbaines suisses n'en sont finalement pas équipées.

À la fin des années 1860, un troisième système de distribution, déjà expérimenté à petite échelle en Angleterre depuis les années 1840, s'impose rapidement : l'eau sous pression⁸. En 1868, la

7. Serge Paquier, *Histoire de l'électricité en Suisse. La dynamique d'un petit pays européen 1875-1939*, vol. 1, Genève, Passé Présent, 1998, p. 303-382. Les données chiffrées de cette partie en sont tirées.

8. Cédric Humair, « La force motrice hydraulique au service du développement économique helvétique. L'exemple du réseau d'eau sous pression à Lausanne, 1868-1914 », *Revue suisse d'histoire*, 2006/2, p. 127-151.

municipalité de Zurich décide de moderniser son réseau hydraulique en incluant un service de distribution de force motrice. Adoptant le système téléodynamique, elle lance en outre un concours récompensant la mise au point d'un moteur hydraulique fonctionnant avec l'eau sous pression du réseau. Parmi les gagnants figure Albert Schmid, qui propose un moteur d'une puissance de 1 à 4 chevaux-vapeur⁹. Un catalogue publicitaire résume bien ses avantages, en particulier sa grande souplesse d'utilisation, très précieuse pour les PME :

Au moyen d'un mécanisme très simple, l'eau distribuée à la façon du gaz d'éclairage peut distribuer à domicile, et même à l'étage, des forces motrices dans les proportions d'un cheval-vapeur [...]. Les avantages d'un moteur occupant un emplacement très restreint, n'exigeant ni foyer, ni feu, ni combustible, ni chaudière, ni cheminée, ni chauffeur en permanence, pouvant se mettre en mouvement pour ainsi dire à la minute, pouvant s'adapter aux forces les plus minimales, où la vapeur cesse d'être applicable économiquement : tous ces avantages ne manqueront pas, Monsieur, d'attirer votre attention sérieuse¹⁰.

Dès 1869, le réseau zurichois fournit ainsi de l'énergie motrice bon marché (100 frs/ch/an). Ce système a aussi l'avantage de supprimer la contrainte d'implantation à proximité d'un cours d'eau : c'est désormais l'énergie hydraulique qui va à l'industrie. En 1872, la municipalité de Genève imite Zurich ; en 1876, une entreprise privée met en service un réseau d'eau sous pression à Lausanne. Trois des cinq plus grandes villes de Suisse sont ainsi équipées. Vu la puissance limitée du moteur, sa diffusion se borne aux branches dominées par les PME : arts graphiques, ébénisterie, serrurerie, horlogerie, petite mécanique. En 1878, 270 moteurs hydrauliques sont en activité dans les villes suisses, dont 87 à Zurich, 80 à Genève et 29 à Lausanne.

Encore modeste, la filière de l'eau sous pression se développe durant les années 1880. Entre 1883 et 1886, la municipalité de Genève construit une nouvelle centrale hydraulique à La Coulouvrenière, équipée de 20 turbines de 310 chevaux-vapeur.

9. Une vidéo du moteur est visible à l'adresse <www.youtube.com/watch?v=lyP-TUKqkX9g>, consultée le 7 janvier 2019.

10. Catalogue publicitaire vantant les mérites du moteur Schmid, daté du 9 septembre 1871, diffusé à Lausanne (Archives de la Ville de Lausanne, P77, carton 8, enveloppe 4).

L'objectif est d'alimenter un réseau d'eau à haute pression qui se superpose à l'ancien et couvre tout le territoire cantonal. En parallèle, l'ingénieur genevois Jules Faesch, de l'entreprise Weibel, Briquet et Cie, met au point une turbine de 50 à 70 chevaux-vapeur adaptée à ce nouveau réseau. Ces deux avancées permettent d'alimenter de grandes entreprises en force motrice bon marché, qui peuvent désormais s'implanter à la périphérie de Genève. Il en résulte une transformation de la géographie industrielle dans une logique d'agglomération. En 1889, La Coulouvrenière distribue de la force à 137 moteurs à basse pression (274 chevaux-vapeur installés) et à 79 moteurs à haute pression (1 285 chevaux-vapeur), soit trois fois la puissance hydraulique installée en 1870 (551 chevaux-vapeur) ou dix fois celle des machines à vapeur en activité la même année (160 chevaux-vapeur).

Il faut encore souligner la contribution des réseaux d'eau sous pression au développement de la production d'électricité et au succès de l'industrie électrotechnique suisse¹¹. A ses débuts, en 1882, la centrale d'éclairage de type Edison a un rayon de distribution de 500 mètres. Il est de ce fait compliqué de trouver suffisamment de clients pour rentabiliser une centrale au fil de l'eau. Le réseau d'eau sous pression résout le problème en permettant la dissémination de petites installations hydroélectriques sur tout le territoire de la ville, à proximité de la clientèle. Construites en nombre, ces unités donnent une impulsion précoce à l'industrie électrotechnique, tout en contribuant à rentabiliser les réseaux d'eau sous pression. À Genève, en 1894, l'industrie électrique est le plus gros client du réseau avec 44 % de la puissance des installations desservies.

L'eau au service du développement touristique

La force motrice hydraulique a aussi eu des effets importants dans le secteur du tourisme et en particulier dans l'hôtellerie. Elle a permis la motorisation précoce des établissements des villes suisses qui vise à répondre à la demande de confort toujours plus exigeante des

11. Voir Cédric Humair, « Aux sources du succès hydroélectrique suisse. L'introduction de l'éclairage électrique dans l'Arc lémanique (1881-1891) », *Annales historiques de l'électricité*, n° 3, août 2005, p. 113-126.

touristes et à améliorer la rentabilité des établissements. L'exemple le plus significatif est l'introduction de l'ascenseur hydraulique dans les hôtels de luxe¹².

Les premiers ascenseurs publics sont mis en service aux États-Unis à la fin des années 1850. Leur traction est assurée par une machine à vapeur, ce qui demande des investissements considérables et occasionne des coûts de fonctionnement élevés qui ne sont pas adaptés aux hôtels suisses de plus petite dimension. Cependant, la mise au point d'un ascenseur hydraulique par l'ingénieur français Léon Edoux change la donne. À peine celui-ci est-il présenté à l'Exposition universelle de Paris, en 1867, qu'il est introduit au Grand Hôtel de Vevey. Encore faut-il disposer d'une pression d'eau suffisante, ce qui n'est pas le cas de tous les hôtels. À Genève, l'introduction du premier ascenseur, en 1872, correspond à la mise en service du réseau d'eau sous pression. Par la suite, cette infrastructure permet la diffusion rapide de machines élévatrices dans les établissements hôteliers de la ville, puis dans d'autres types d'habitat. Il en va de même à Lausanne, Vevey et Montreux, où les entreprises privées en charge de la distribution d'eau offrent un service de force motrice capable d'actionner des ascenseurs.

Or, les enjeux liés à l'installation d'ascenseurs dans les hôtels sont considérables. Ces équipements permettent notamment de mieux rentabiliser les chambres des étages supérieurs, comme le souligne le *Journal de Genève*:

La pression de l'eau est utilisée aussi pour les ascenseurs hydrauliques installés dans quelques hôtels de notre ville. Ainsi, dans l'hôtel de Beau-Rivage, dans celui des Bergues, dans celui de la Paix, les voyageurs et leurs bagages sont, par ce procédé, transportés sans fatigue jusqu'à l'étage le plus élevé, de telle sorte que les appartements des étages supérieurs puissent être loués dans les mêmes conditions que ceux de la partie inférieure de l'édifice¹³.

La rentabilité de l'hôtel est aussi améliorée par l'installation de monte-charge permettant le transport des bagages et donc une économie de main-d'œuvre. Par ailleurs, dès les années 1880, les

12. Cédric Humair, Marc Gigase, Julie Lapointe Guigoz et Stefano Sulmoni, *Système touristique et culture technique dans l'Arc lémanique. Analyse d'une success story et de ses effets sur l'économie régionale (1852-1914)*, Neuchâtel, Alphil, 2014, p. 185-231 et p. 324-328.

13. «Faits divers», *Journal de Genève*, 10 septembre 1874.

établissements de luxe dépourvus de la nouvelle technologie perdent de leur compétitivité. C'est le cas du Beau-Rivage à Ouchy, dont le conseil d'administration s'inquiète à ce propos :

Ces travaux exécutés, nous ne prévoyons plus, pour le moment, de grosses dépenses extraordinaires, sauf toutefois, l'établissement d'un ascenseur. Cette construction doit être exécutée dans un délai aussi bref que possible, un hôtel, comme le nôtre, ne peut plus s'en passer ; le manque d'en posséder un nous cause du préjudice ; aujourd'hui, les étrangers ne veulent plus monter à pied à un 2^e ou 3^e étage, et si l'on ne peut les hisser, ils s'en vont¹⁴.

Si la mécanisation systématique des hôtels n'intervient qu'avec le moteur électrique, l'eau sous pression amorce donc le processus.

Les réseaux d'eau sous pression de Genève, Lausanne et Vevey-Montreux permettent également l'introduction précoce de la Fée électricité dans les hôtels et les lieux publics sensibles du système touristique comme les gares et les théâtres. Or, la fascination qu'exerce cette nouvelle énergie joue un rôle majeur dans le positionnement des entreprises et des stations touristiques à la Belle Époque, du moins dans le tourisme de luxe. Situé à la périphérie de Lausanne, à Ouchy, le Beau-Rivage est encore privé de réseau d'électricité en 1894, ce qui remet en question son statut d'hôtel de première catégorie. Connecté au système d'eau sous pression, l'établissement est toutefois en mesure de mettre en service sa propre usine électrique en mai 1895. À l'échelle de l'Arc lémanique, les réseaux d'eau sous pression permettent une électrification rapide et très intensive. Selon une estimation portant sur l'année 1888, les trois pôles touristiques de Genève, Lausanne et Vevey-Montreux, qui représentent alors 3,4 % de la population, détiendraient 40 % des lampes à incandescence en activité sur le territoire suisse¹⁵.

À Genève, la mise en service de la centrale de La Coulouvrenière produit un puissant jet d'eau qui sert de soupape de sécurité au système à haute pression. En 1891, à l'occasion du 600^e anniversaire de la Confédération helvétique, il est déplacé dans la rade du lac et illuminé électriquement. Combinant deux technologies de pointe, cette attraction touristique devient peu à peu l'emblème de Genève ;

14. Archives de la Société immobilière d'Ouchy, procès-verbaux du conseil d'administration, 1887-1896, rapport à l'assemblée générale du 21 avril 1887.

15. Cédric Humair, « Aux sources du succès hydroélectrique suisse », *loc. cit.*, p. 115.

diffusé partout dans le monde, il donne à la ville une image de modernité qui se superpose à ses atouts naturels.

L'eau au service des transports urbains

La force motrice hydraulique contribue aussi à la mobilité urbaine. Jusqu'au milieu du XIX^e siècle, la demande de transport mécanisé reste faible en raison de la taille très modeste des villes – en 1850, Genève, Bâle, Berne, Lausanne et Zurich ne rassemblent que 150 000 habitants. Leur territoire, débordant peu du noyau médiéval, peut être parcouru rapidement à pied, en calèche ou en omnibus hippomobile. À partir des années 1860, cependant, plusieurs évolutions se combinent pour accroître la demande de mobilité de proximité – arrivée du chemin de fer, développement touristique, saturation des centres provoquant la construction de banlieues aisées, destruction des remparts permettant l'extension du noyau bâti¹⁶.

Or, le tramway hippomobile, qui se développe alors aux États-Unis, se révèle peu adapté aux villes suisses, aux rues étroites et pentues. Quelques lignes sont installées à Genève (1862), Bienne (1877) et Zurich (1882), formant un réseau embryonnaire de 23 kilomètres en 1887. Quant au tramway à vapeur, introduit à Genève en 1877, il demeure marginal dans le transport urbain suisse. Les nuisances – le bruit, la fumée, les accidents provoqués par des chevaux effrayés – y sont probablement pour beaucoup, de même que les difficultés de rentabilisation. L'histoire de la résistance à ce mode de traction reste cependant à faire.

Dans ce contexte, l'annonce de l'expérimentation d'un chemin de fer pneumatique à Sydenham, près de Londres, en 1864, ne passe pas inaperçue¹⁷. Il s'agit d'un convoi poussé dans un tunnel par un piston géant actionné avec de l'air comprimé. De fait, la possibilité de comprimer l'air au moyen de la force hydraulique ouvre de formidables perspectives en Suisse, stimulant l'imaginaire des ingénieurs.

16. *Idem*, « Following the American Sister Republic. Urban Public Transport in Switzerland 1870-1910 », in Gijs Mom, Peter Norton, Georgine Clarsen *et al.* (éds), *Mobility in History. Themes in transport. T2M Yearbook 2011*, Neuchâtel, Alphil, 2010, p. 105-126.

17. Cédric Humair, « De l'eau pour actionner les chemins de fer. Le rêve éphémère de la traction pneumatique dans le canton de Vaud (1864-1877) », *Revue historique vaudoise*, tome 124, 2016, p. 167-178.

Le rêve d'appliquer la force hydraulique aux chemins de fer, en particulier à leur traversée des Alpes, pourrait devenir réalité. En 1869, un projet de franchissement du col du Simplon par l'air comprimé est ainsi lancé par des ingénieurs lausannois¹⁸. Une première mise en œuvre de la traction pneumatique est prévue sur la pente de 12 % qui sépare Lausanne du port touristique d'Ouchy. Afin de permettre aux touristes de jouir de la vue sur le lac Léman et les Alpes, le tunnel testé à Sydenham est remplacé par un tube à haute pression disposé entre les rails. Cette innovation pose toutefois de nombreux problèmes techniques ; la traction pneumatique est finalement abandonnée au profit du câble.

En 1877, le premier funiculaire de Suisse est mis en service entre Lausanne et Ouchy. La turbine hydraulique qui fournit la force motrice est actionnée par un réseau d'eau sous pression devant alimenter également l'industrie et l'hôtellerie ; à ma connaissance, il s'agit du premier funiculaire en Europe, voire au monde, tracté avec de la force motrice hydraulique. Ses effets sur le développement touristique et urbain de Lausanne sont considérables, impulsant l'extension du noyau bâti jusqu'au lac. Quant au réseau d'eau sous pression, il permet notamment la mécanisation intensive du transport de marchandises dans l'agglomération. Chariots transbordeurs, plaques tournantes, monte-charge et treuils de halage sont actionnés par cette force motrice¹⁹.

Au cours des années suivantes, le funiculaire investit Berne (1885), Lugano (1886), Neuchâtel (1890) et Fribourg (1899), mais sans recourir à l'eau sous pression. Mise au point en 1879 au profit d'un funiculaire de montagne au Giessbach, la traction par contrepoids d'eau consiste à remplir le réservoir de la voiture descendante et vider celui de la voiture montante à chaque parcours. Un système ingénieux qui contribue au succès international de l'industrie suisse du chemin de fer sur fortes pentes, avant que la traction électrique ne l'emporte.

Quant à la traction pneumatique, l'échec de la technologie développée à Lausanne ne signifie pas son abandon définitif. Le chemin de fer à piston est cependant délaissé au profit de locomotives

18. Jules Gaudard, *Notice sur la propulsion pneumatique pour chemins de fer à fortes rampes et sur le projet d'application de ce système au chemin de Lausanne à Ouchy*, Lausanne, 1871 (1869).

19. Marc Frochaux, « Quand la force de l'eau transformait les villes », *Tracés*, n° 16-17, 2017, p. 6-14.

à réservoirs d'air comprimé. Développée par l'ingénieur français Louis Mékarsky et appliquée au réseau de tramways à Nantes, dès 1879, cette technologie est introduite en 1890 à Berne. L'usine hydraulique de La Matte fournit l'énergie nécessaire à la compression de l'air. Ce mode de traction est toutefois rapidement abandonné au profit de l'électricité.

À l'heure où la mise en valeur des énergies renouvelables est devenue une préoccupation sociopolitique majeure, que peut nous enseigner le foisonnement d'expériences hydrauliques qu'a connu la Suisse entre 1855 et 1891? Il est vrai que, dès le début des années 1890, la possibilité de transmettre la force hydroélectrique à longue distance a enlevé beaucoup de leur attractivité aux câbles, à l'eau sous pression et à l'air comprimé. Il ne faudrait pourtant pas en déduire que ces filières ne recèlent pas des pistes prometteuses pour l'avenir.

Dans le canton de Neuchâtel, la ville du Locle vient de réaliser un système de transport public câblé, tandis qu'un projet de téléphérique entre La Chaux-de-Fonds et Neuchâtel est évoqué comme alternative bon marché à l'amélioration de la liaison ferroviaire. Réactivée depuis quelques années dans le secteur automobile, la traction pneumatique ne serait-elle pas écologiquement avantageuse, d'autant que l'air comprimé pourrait devenir le moyen de stocker de l'énergie produite avec le vent ou le soleil? *Quid* de l'idée récemment développée à l'École polytechnique fédérale de Lausanne consistant à équiper de petites turbines les canalisations des réseaux urbains de distribution d'eau pour en récupérer l'énergie²⁰?

Au-delà de telles pistes de recherche, l'analyse du cas suisse est riche d'enseignements quant à la mise en œuvre de solutions énergétiques alternatives. À commencer par la volonté et la ténacité des acteurs de l'époque et leur prise de risque. Sans vouloir héroïser les pionniers du XIX^e siècle, on doit reconnaître qu'ils ont osé se lancer dans des projets visionnaires en dépit de défis techniques et financiers extrêmement complexes. Si l'échec a parfois sanctionné leur enthousiasme, l'élan donné a débouché sur d'autres avancées. Une telle audace n'est plus d'actualité en Suisse. En outre, les collectivités publiques n'ont plus le rôle d'entraînement qu'elles ont

20. Sur ces projets, <www.youtube.com/watch?v=I3_MtUyQqiw>, <www.arcinfo.ch/articles/regions/canton/le-telepherique-fait-causer-sur-arcinfo-160171>, <www.mdi.lu>, <<https://actu.epfl.ch/news/powering-cities-with-tap-water>>, consultés le 7 janvier 2019.

assumé à la fin du XIX^e siècle, en créant notamment les réseaux d'eau sous pression, puis en favorisant la transition vers l'hydroélectricité.

Certes, la traction automobile pneumatique ou l'exploitation de la pression des réseaux de distribution d'eau ne sont pas encore applicables à grande échelle aujourd'hui. Mais pourquoi ne le seraient-elles pas demain ? Pour le vérifier, il faudrait leur donner une véritable chance, ce qui passe par une prise de risque. Les collectivités publiques doivent y contribuer, notamment par l'encouragement financier massif de la recherche dans les énergies renouvelables. L'accélération de la transition énergétique et la sortie des énergies fossiles en dépendent.