# Energie et transport au 19e siècle : Analyse du cas suisse

Autor(en): **Humair, Cédric**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Traverse : Zeitschrift für Geschichte = Revue d'histoire**

Band (Jahr): **20 (2013)**

Heft 3: **Energie : Erzeugung, Verbreitung und Nutzung im 19. und 20. Jahrhundert = Energie : Production, diffusion et utilisation aux 19e et 20e siècles**

PDF erstellt am: **29.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-391092

**Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

**Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

**http://www.e-periodica.ch**

# Energie et transport au 19e siècle

## Analyse du cas suisse

**Cédric Humair**

Au cours du 19e siècle, la diffusion de nouvelles technologies de mobilisation et de transformation de l'énergie – turbine hydraulique, machine à vapeur, moteur à combustion interne, dynamo électrique – a bouleversé le système énergétique des pays industrialisés. Aux ressources de base que constituaient la force humaine et animale, le vent, le bois, la tourbe et l'eau, viennent s'ajouter le charbon et son dérivé le gaz industriel, l'électricité hydraulique et thermique ainsi que le pétrole et ses produits raffinés. Cette transformation s'est déroulée en étroite synergie avec des évolutions socio-économiques lourdes et en particulier l'industrialisation, l'urbanisation et l'accroissement de la mobilité, qui ont fait exploser les besoins en énergie de chauffage, d'éclairage, de force motrice et de transformation, stimulant la mise au point de nouvelles solutions techniques.

Cette contribution s'intéresse plus particulièrement aux relations que le système énergétique a entretenues avec le système de transport. Tout au long du 19e siècle, l'évolution de ces deux systèmes techniques s'effectue en effet dans un rapport d'interdépendance et d'interaction qui n'a pas été l'objet de beaucoup d'attention dans l'historiographie.[1] D'une part, les nouvelles technologies de l'énergie permettent de produire de la force motrice plus efficace et meilleur marché, provocant une véritable révolution des transports, avec à la clef une première mondialisation des échanges. D'autre part, la capacité de transporter plus de volume, plus vite et moins cher a des effets en retour sur la structure des systèmes énergétiques. Il devient en effet possible de déplacer de l'énergie sur des distances toujours plus importantes tout en maintenant sa compétitivité face aux sources d'approvisionnement locales. Grâce au perfectionnement du système de transport, de nouvelles conditions énergétiques, autant qualitatives que quantitatives, s'ouvrent donc aux économies et aux sociétés industrialisées.

L'objectif de cette contribution est d'analyser les rapports complexes entretenus au cours du 19e siècle par les systèmes d'énergie et de transport en focalisant sur le cas suisse. Il s'agira notamment de souligner les spécificités du couple

énergie-transport et de son évolution en Suisse, l'absence de charbon et l'abondance d'eau ayant pesé de tout leur poids dans les filières technologiques choisies et développées.

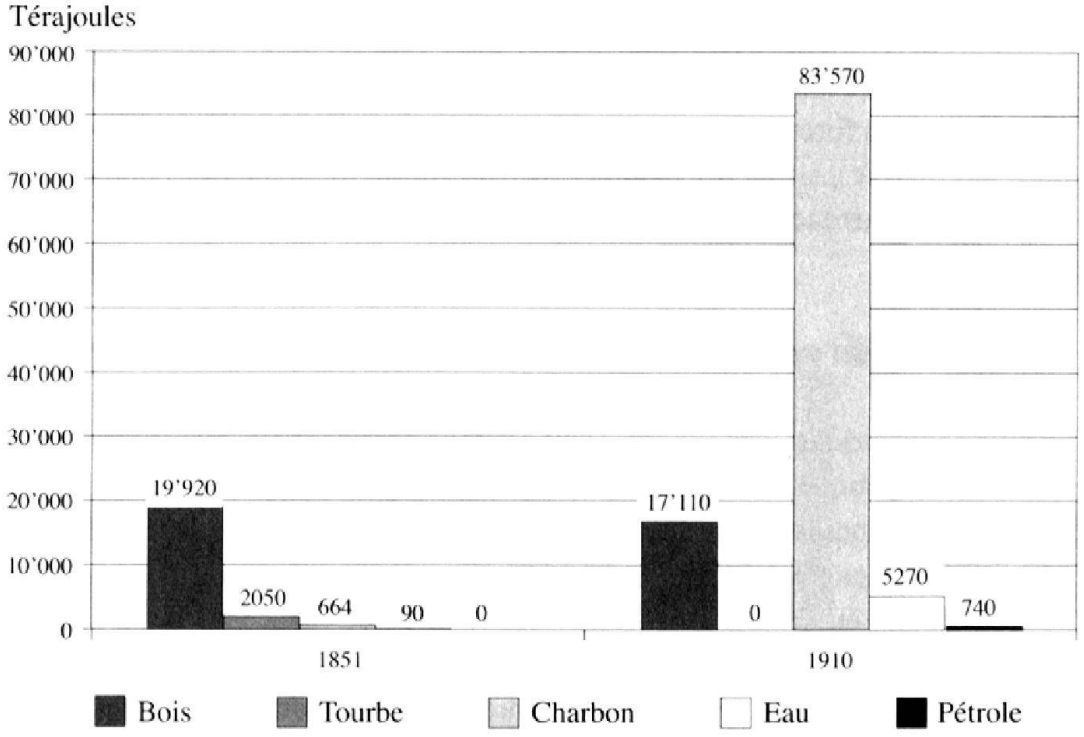
## Avant le chemin de fer: un système énergétique pré-industriel

La donnée de base qui pèse sur l'évolution du système énergétique suisse, tout au long du 19e siècle, est la quasi absence de charbon dans le sous-sol.[2] Seules quelques mines, dont l'importance reste limitée, sont alors exploitées dans les cantons de Vaud, Berne, Zurich et du Valais. Entre 1850 et 1860, au moment où elle atteint son apogée, estimée à 37'000 tonnes, la production autochtone constitue 50 pour cent de l'énergie tirée du charbon en Suisse. Cela ne représente cependant que 1,5 pour cent de la consommation d'énergie primaire totale.[3] La part insignifiante que prend alors le charbon à l'approvisionnement énergétique de la Suisse est directement liée à la question du transport. En dépit de la construction de canaux en Europe, dès le 18e siècle, puis de chemins de fer, à partir des années 1830, l'importation de ce combustible reste extrêmement chère. A titre d'exemple, les 5 tonnes de charbon utilisées chaque jour à Genève par l'usine à gaz, créée en 1844, sont renchéries de 45 pour cent entre la mine de St-Etienne et la gare de Lyon (58 kilomètres), puis de 200 pour cent entre Lyon et Genève (150 kilomètres).[4] Vu l'éloignement des mines allemandes et françaises, le charbon étranger est donc livré partout en Suisse à des prix prohibitifs. D'autant plus que sur le territoire de la Confédération, il doit être transporté par la route, car les voies navigables sont rares et le réseau ferroviaire embryonnaire.

De fait, au milieu du siècle, le système énergétique suisse est encore pré-industriel (fig. 1). L'essentiel de la consommation, qui est avant tout de l'énergie de chauffage, est fourni par les ressources locales que sont le bois et la tourbe; celles-ci couvrent respectivement 87 pour cent et 9 pour cent des besoins, le reste étant demandé au charbon (3 pour cent) et à l'eau (1 pour cent). La consommation par habitant, qui est de 0,009 térajoule, ou l'équivalent énergétique de 308 kilogrammes de charbon, correspond à celle des pays en voie de développement à la fin du 20e siècle – la Bolivie consomme 0,009 térajoule par habitant en 1987.[5]

En ce qui concerne les transports, la traction est essentiellement assurée par la force animale sur les routes et par la force éolienne, animale et humaine sur les rivières et les lacs. Jusqu'à l'épanouissement du chemin de fer, dès le milieu des années 1850, la mécanisation du transport se limite au bateau à vapeur qui est alimenté le plus souvent au bois. Introduit en 1823 sur le lac Léman, le nouveau moyen de transport a une diffusion plutôt lente, puisqu'il faut attendre 1835 pour voir les premières unités sillonner les lacs de Zurich et de Thoune.

Fig. 1: *Apport des différentes sources d'énergie primaire à la consommation suisse en térajoules, en 1851 et 1910*




*Source:* Daniel Marek, *Kohle: die Industrialisierung der Schweiz aus der Energieperspektive 1850–1900*, Berne 1992, tab. A-3, 232.

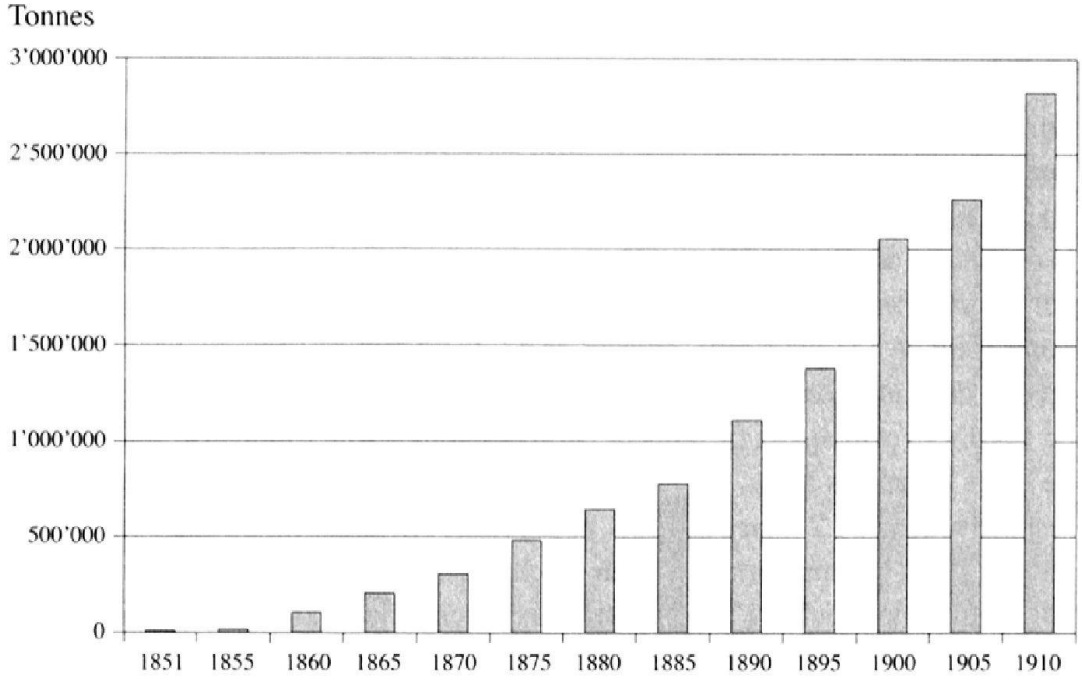
Durant la première moitié du 19e siècle, cette configuration des systèmes d'énergie et de transport a fortement influencé le processus d'industrialisation. D'une part, l'industrie suisse se spécialise dans la production d'objets à faible intensité énergétique et à faible rapport poids/valeur, comme les broderies, les soieries ou l'horlogerie. Le travail, alors bon marché en Suisse, est la principale composante des exportations suisses. D'autre part, les pionniers de la production mécanisée sont contraints de chercher des voies alternatives à celles des industriels anglais qui utilisent la machine à vapeur. En 1801, lorsque Marc Antoine Pellis lance la production industrielle de fils de coton à St-Gall, les machines sont actionnées en partie à la main et en partie avec de la force animale, avant que de la force hydraulique soit aussi mobilisée. En l'absence de charbon, la technologie de la vapeur est à la fois sous-développée et chère en Suisse.[6] Tandis qu'en 1800, 321 machines à vapeur ont déjà été produites et mises en service en Angleterre et en Irlande, il faut attendre 1813 pour qu'un artisan suisse, Christian Schenk, en fabrique une

et 1839 pour que l'entreprise Escher Wyss lance une production en série: les coûts d'exploitation annuels s'élèvent alors à 6000 florins pour une machine à vapeur de 12 chevaux fiscaux et à 3400 florins pour une installation hydraulique de même puissance, soit 44 pour cent meilleur marché. En conséquence, la mécanisation de la production s'effectue presque exclusivement en exploitant la force hydraulique. Combinée à des salaires extrêmement bas, cette alternative permet à l'industrie textile suisse de demeurer compétitive face à la concurrence anglaise.[7]

## Les limites d'un système sans énergie fossile

La crise industrielle des années 1840 révèle cependant les insuffisances du système énergétique.[8] Premièrement, le pilier du système, qui est la production de bois, est de moins en moins capable de soutenir la croissance accélérée de la consommation engendrée par l'industrialisation, l'urbanisation et l'exportation de ce matériau en France et en Italie.[9] Entre 1806 et 1839, le prix du bois de chauffage augmente de 70 pour cent.[10] Lors de l'enquête économique lancée par la Diète fédérale en 1842, plusieurs branches de production, et en particulier les industries du fer, du verre et du sel, grosses consommatrices d'énergie de chauffage, se plaignent de la pénurie de bois. Par ailleurs, le rapport des experts dénonce les méfaits de la surexploitation des forêts de certaines régions – problèmes climatiques, avalanches, éboulements – et en appellent à des mesures de régulation.[11] Deuxièmement, l'exploitation de la force hydraulique, bien que très avantageuse, comporte certains inconvénients: contrainte géographique de l'implantation, difficultés d'obtenir une concession sur des cours d'eau surexploités, manque de régularité du débit entraînant des baisses de production, limitations imposées au processus de mécanisation par le débit des cours d'eau. Troisièmement, l'absence de charbon bon marché freine le processus d'industrialisation en empêchant certaines productions à forte intensité énergétique de se développer. C'est notamment le cas de la fabrication des matériaux de construction – ciment, brique, tuile, verre –, avec comme effet de renchérir le coût des bâtiments. Quatrièmement, la construction de réseaux de gaz est longtemps retardée dans les villes suisses.[12] Alors que les premiers essais sont effectués en 1824 à Genève, il faut attendre les années 1840 pour voire apparaître les premières usines à gaz – Berne 1843, Genève 1844, Lausanne 1848. En raison du coût trop élevé du charbon étranger, les usines de Berne et Lausanne utilisent du combustible local, dont la mauvaise qualité provoque d'importants problèmes techniques, ce qui contribue à freiner le processus de diffusion par imitation.

Fig. 2: *Evolution de l'importation de charbon en Suisse en tonnes, 1851–1910*




*Source:* Daniel Marek, *Kohle: die Industrialisierung der Schweiz aus der Energieperspektive 1850–1900*, Berne 1992, tab. A-1, 229.

Ebranlés par la grave crise des années 1840, les grands industriels suisses appellent à une refonte complète des conditions-cadres de l'économie – centralisation des douanes, des postes et de la monnaie.[13] Par ailleurs, ils estiment que la construction de chemins de fer est désormais urgente, certains d'entre eux en faisant une question de vie ou de mort pour l'industrie suisse. Si la question de l'énergie n'est pas au cœur de la polémique ferroviaire, dont les enjeux principaux sont l'approvisionnement en matières premières, l'exportation à meilleur marché de produits pondéreux et l'appropriation du commerce de transit européen, elle est bien présente en toile de fond. En 1841, au cours d'un débat consacré à l'utilité du chemin de fer au sein de la Société suisse d'utilité publique, le rapporteur déclare: «Ce qu'il y aurait de véritablement avantageux, ainsi que le mentionne M. Esslinger, serait de se pourvoir de houille avec plus de facilité.»[14] Dans le cadre du débat sur l'unification du système douanier, les industriels réclament par ailleurs l'instauration d'une taxe visant à freiner l'exportation du bois, à laquelle s'opposent les cantons agricoles et commerçants qui fournissent et pratiquent le négoce de bois.

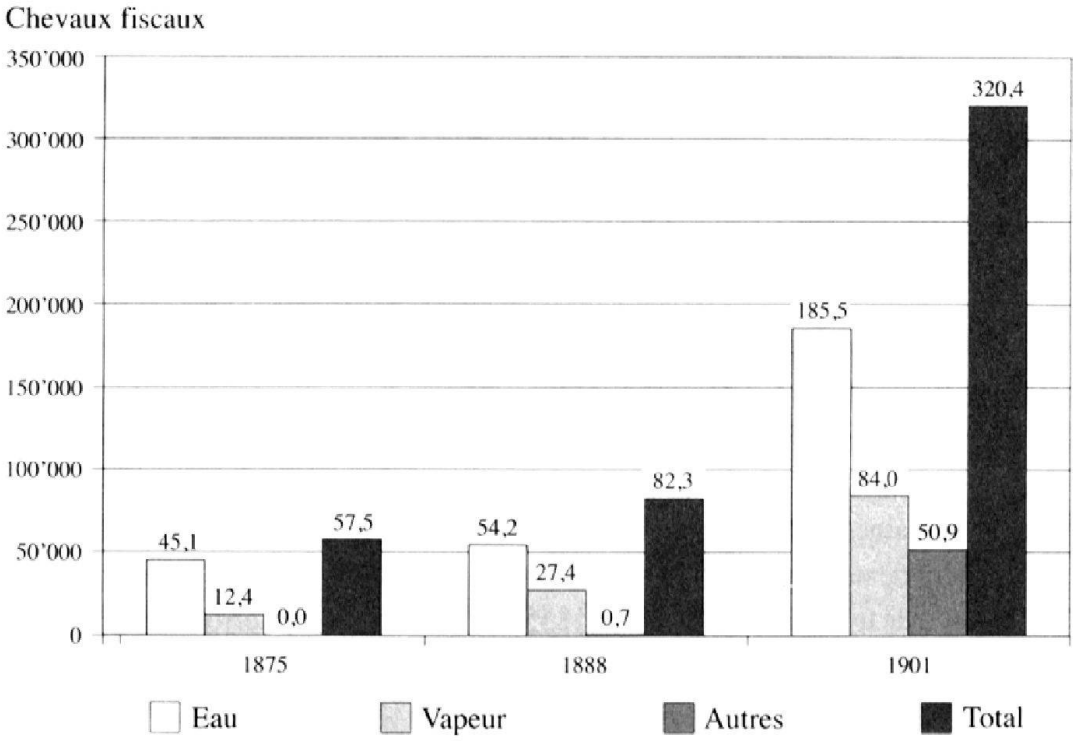
## L'arrivée du chemin de fer et la transformation du système énergétique: abondance et dépendance

La création de l'Etat fédéral permet de débloquer la situation dans le domaine ferroviaire.[15] Dès le milieu des années 1850, le réseau suisse s'épanouit et les principales villes y sont connectées. Il faut toutefois attendre le percement du tunnel du Hauenstein, en 1859, pour que le charbon allemand parvienne à Berne à un prix plus avantageux que le bois.[16] En 1865, pour la même quantité de calories, la différence de prix est déjà de 30 pour cent, ce qui provoque une explosion de la consommation de charbon étranger (fig. 2). Entre 1858 et 1860, les importations bondissent de 121 pour cent, passant de 47'471 à 104'881 tonnes, avant de progresser de manière exponentielle à 304'710 tonnes en 1870 et à 2'825'356 tonnes en 1910. Les principaux facteurs de cette croissance sont l'industrie, les chemins de fer et les usines à gaz. En 1870, ces trois secteurs économiques consomment respectivement 41,2 pour cent, 18,1 pour cent et 9,2 pour cent du charbon.[17] Entre 1851 et 1910, la consommation totale de charbon passe de 664 à 83'570 terajoules, absorbant l'essentiel de l'augmentation exponentielle de la demande énergétique qui caractérise cette période.

Les effets de l'importation massive de charbon sur l'évolution de l'industrialisation sont multiples. D'une part, les limites imposées au développement de productions à haute intensité énergétique sont levées, ce qui permet notamment à l'industrie du ciment de s'épanouir. D'autre part, la vapeur est utilisée comme force motrice d'appoint lorsque l'eau se révèle insuffisante. Dans le canton de St-Gall, la part de la vapeur à la force motrice installée est déjà de 12 pour cent en 1865, puis passe à 24 pour cent en 1895.[18] Néanmoins, la force hydraulique demeure moins chère et reste le pilier énergétique du développement de l'industrie suisse (fig. 3). Entre 1851 et 1910, l'eau motrice consommée passe de 90 à 5270 térajoule – incluse l'eau utilisée dans la production d'hydroélectricité (fig. 1).

Bien que plus concurrencé par le charbon, le bois ne disparaît pas du jour au lendemain. Dans le domaine du chauffage des foyers, il résiste même durant plusieurs décennies, en dépit du prix moins élevé du charbon. Par ailleurs, l'arrivée massive du charbon facilite une intervention de la Confédération visant à une meilleure gestion du patrimoine forestier. Introduite en 1876, la loi sur les forêts est la première manifestation d'une politique énergétique fédérale qui a aussi pour objectif d'éviter les catastrophes naturelles que les experts lient alors à la déforestation[19]. Enfin, la centralisation du système douanier, effectuée en 1849, permet à la Confédération de dissuader le commerce du bois en taxant l'exportation de 3 à 5 pour cent de sa valeur. En 1910, l'apport du bois à la consommation d'énergie primaire est de 17'190 térajoule, soit une baisse de 10 pour cent en comparaison de 1851.

Fig. 3: *Apport des différents types de moteurs à la force motrice installée en Suisse en chevaux fiscaux, 1875–1901*




*Source:* Daniel Marek, *Kohle: die Industrialisierung der Schweiz aus der Energieperspektive 1850–1900*, Berne 1992, tab. K-1, 255.

La construction du réseau ferroviaire suisse et sa connexion au réseau international provoquent donc un bouleversement du système énergétique suisse en permettant l'importation massive de charbon. Entre 1851 et 1910, la structure de la consommation d'énergie primaire est totalement modifiée, marquant le passage d'un système pré-industriel à un système industriel basé sur l'énergie fossile (fig. 1). La part du charbon passe ainsi de 3 à 78 pour cent, au détriment de celle du bois, qui fond de 88 à 16 pour cent, et de celle de la tourbe qui disparaît. Quant à la part de l'eau, qui augmente de 1 à 5 pour cent, elle reste relativement modeste dans l'ensemble de la consommation, tout en jouant un rôle prépondérant dans l'énergie motrice utilisée par l'industrie. Hormis la profonde restructuration des sources d'approvisionnement, le chemin de fer provoque le passage à un système énergétique de l'abondance. Entre 1851 et 1910, la consommation par habitant est multipliée par 3, augmentant de 0,009 à 0,028 térajoule.

Globalement positive d'un point de vue économique, la transformation du système énergétique suisse apporte aussi son lot d'inconvénients sociaux (explosion de

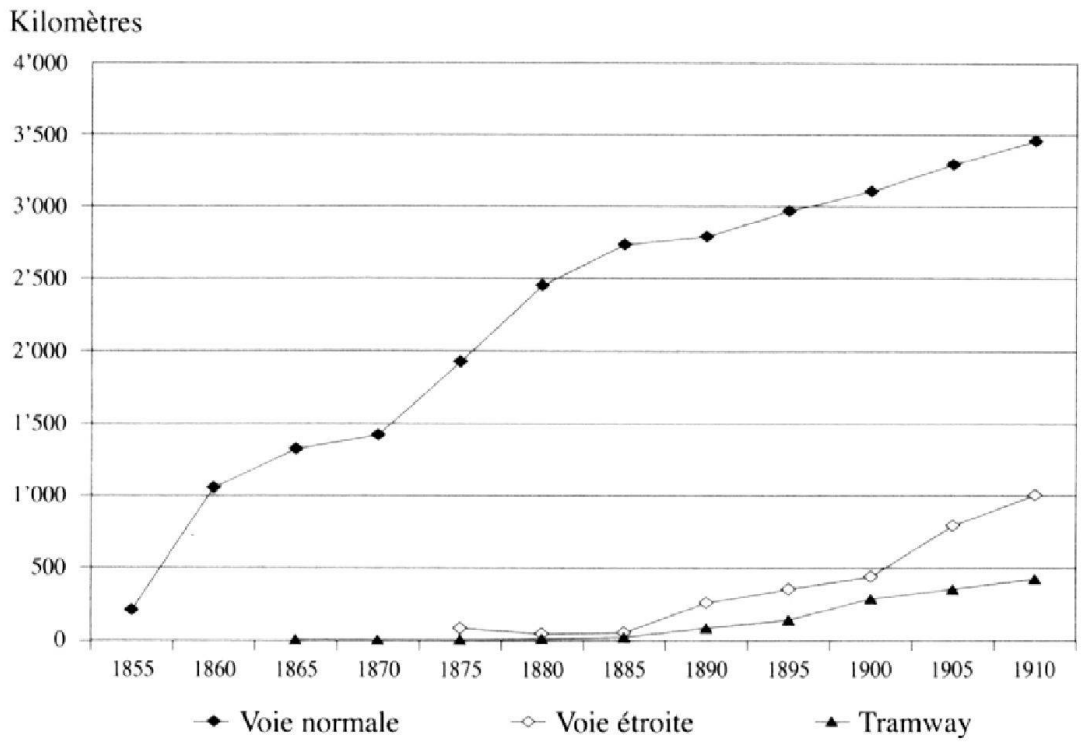
chaudières, chômage dans les activités en perte de vitesse) et environnementaux (pollution de l'air, nouvelles industries polluantes). Le problème qui inquiète le plus les dirigeants économiques et politiques est la diminution massive de l'indépendance énergétique. Désormais vital au fonctionnement de la société et de l'économie, le robinet du charbon est à la merci d'événements extérieurs ou de décisions prises à l'étranger – guerres, grèves, interruptions du transport. De surcroît, le prix du combustible, facteur important de la compétitivité de l'économie suisse, est sujet à la manipulation des grandes entreprises charbonnières étrangères, dont la cartellisation est précoce.

## Utiliser l'eau dans les transports: un défi technique et politique majeur

Dans le domaine des transports, la disponibilité d'énergie fossile impulse un large mouvement de mécanisation de la traction et un transfert massif de la route au rail. En l'espace de trois décennies, entre 1855 et 1885, un réseau ferroviaire principal à voie normale de 2731 kilomètres est réalisé,[20] changeant fondamentalement les conditions du transport passagers et marchandises (fig. 4). Entre 1850 et 1888, la vitesse moyenne du transport interurbain passe de 8,1 à 29,3 kilomètres/heure.[21] Un voyage d'est en ouest du pays (Rorschach–Genève), qui demandait 42,5 heures en 1850, peut être réalisé en 15,8 heures en 1870 et 8,2 heures en 1910. Quant au prix du transport marchandises, il diminue drastiquement aussi, de 45 centimes par tonne et kilomètre en 1850 à 8,9 centimes en 1885.[22]

La technologie de la vapeur comporte toutefois de nombreux défauts qui limitent la diffusion géographique du chemin de fer et la densification du réseau. Premièrement, les premières locomotives sont très lourdes et, en rapport, peu puissantes, ce qui les empêche de maîtriser des pentes de plus de 4 pour cent. Le franchissement des reliefs, et en particulier celui des Alpes, qui obsède toute l'Europe dès les années 1850, pose des difficultés longtemps insurmontables.[23] D'autant plus que le percement de tunnels, dont les techniques sont encore rudimentaires, prend beaucoup de temps et nécessite des capitaux gigantesques. Introduite en 1871 au Rigi, la technique de la crémaillère permet bien de désenclaver quelques régions de montagne touristiques, où ses coûts de construction élevés peuvent être rentabilisés, mais sa lenteur n'en fait pas une solution au passage des Alpes. Le deuxième inconvénient majeur de la vapeur est le bruit et la pollution qu'elle engendre. Elle ne constitue donc pas une solution adéquate à la mécanisation des transports urbains, particulièrement en Suisse où les villes se caractérisent par un rayon d'habitat très limité et des centres aux rues étroites, souvent construits sur des pentes abruptes. Troisièmement, le chemin de fer à

Fig. 4: *Evolution des réseaux des différents types de chemins de fer suisses en kilomètres, 1855–1910*




*Source:* Heiner Ritzmann-Blickenstorfer (éd.), *Statistique historique de la Suisse*, Zurich 1996, tab. N.4, 769.

vapeur est gourmand en capitaux (coûts des expropriations) et cher à l'exploitation (coûts de traction élevés). De nombreux projets sont ainsi abandonnés faute de perspectives de rentabilité.

Dans ce contexte, l'application de l'eau à la traction ferroviaire est un formidable enjeu technique, économique et politique, comme le souligne en 1872 un ingénieur hydraulicien: «Il y a ici, messieurs, un grand intérêt national à considérer, et cet intérêt je le vois dans la possibilité que nous offre le chemin de fer pneumatique de nous affranchir d'un lourd tribut à l'étranger. En effet, la question du combustible doit être une des grosses préoccupations des économistes; chaque jour, le prix du charbon tend à augmenter et déjà notre pays, presque entièrement tributaire de l'étranger sous ce rapport, paie annuellement à celui-ci pour sa consommation des sommes considérables. [...] Notre pays est sillonné de cours d'eau, qui, grâce à la nature de son sol, à ses déclivités, à ses fortes rampes représentent des forces énormes que nous avons jusqu'à ce jour méconnues ou gaspillées. Si donc nous parvenons à utiliser ces forces [...] nous nous affranchissons par là du tribut que

nous impose la consommation du combustible.»[24] Tenu au Grand Conseil vaudois, ce discours soutient un projet de chemin de fer pneumatique entre Lausanne et Ouchy, dont la traction serait effectuée par de l'air comprimé au moyen de la force hydraulique. Conçu par des ingénieurs de la Faculté technique de l'Académie de Lausanne (future EPFL), ce système a pour objectif la traversée du col du Simplon par une ligne de faîte et, à plus long terme, l'utilisation en grand de l'eau pour la traction ferroviaire.[25]

Si l'utopie des ingénieurs lausannois ne s'est pas réalisée, l'eau a tout de même contribué de manière significative au développement du système de transport suisse durant le dernier quart du 19e siècle. En premier lieu, la force motrice hydraulique alimente le percement des grands tunnels ferroviaires alpins.[26] Alors que les perforatrices sont actionnées par de l'air comprimé au Gothard, elles le sont par de l'eau sous pression au Simplon. En second lieu, la traction pneumatique est utilisée sous la forme de locomotives à réservoir d'air comprimé dans les niches du transport de chantier – tunnel du Simplon – et du transport public urbain – tramway de Berne. Enfin, l'eau joue un rôle décisif dans le développement des funiculaires. Mis en service entre Lausanne et Ouchy en 1877, le premier de Suisse est actionné par une turbine hydraulique alimentée grâce à un réseau d'eau sous pression.[27] Ce genre d'infrastructure n'existant que dans quelques centres urbains, la forme de traction choisie à Lausanne reste unique en Suisse. Installé en 1879, le funiculaire du Giessbach est le premier à être équipé du système de traction par contrepoids d'eau. Simple et bon marché, celui-ci permet d'implanter la nouvelle technologie ferroviaire en ville comme en montagne, lui assurant une rapide diffusion.[28]

## Le «rush» vers la traction électrique et ses effets sur le système énergétique

La solution à l'utilisation massive de l'eau dans le domaine des transports est apportée par l'hydro-électricité. Dès le début des années 1890, il est en effet possible de transporter le courant électrique à longue distance et donc de dissocier le lieu de la production d'énergie de celui de sa consommation. La formidable réserve d'énergie qui gît dans les fleuves et les torrents alpins est désormais exploitable. Par ailleurs, la traction électrique offre plusieurs avantages par rapport à la vapeur. Le fait de ne pas produire l'énergie sur le véhicule permet de l'alléger, facilitant la conception de chemins de fer routiers délivrés des charges d'expropriation. Le meilleur rapport poids/puissance permet également au convoi de franchir plus facilement les pentes à forte déclivité. Contrairement à la chaudière d'une machine à vapeur, qui doit être continuellement alimentée pour

être prête à l'utilisation, le moteur électrique peut être mobilisé à tout moment et ne consomme que durant le mouvement du train. Cette souplesse permet de diminuer considérablement les frais de traction. Enfin, la traction électrique est propre et silencieuse, ce qui la rend appropriée aux transports publics urbains. Dès le milieu des années 1880, on assiste donc à un véritable *rush* des milieux techniques, mais aussi économiques et financiers, vers le développement de ce mode de traction. Les entreprises électrotechniques suisses jouent un rôle pionnier, à l'échelle européenne, dans la transmission d'électricité et son usage pour la traction ferroviaire.[29]

La conversion à l'électricité est particulièrement précoce et impressionnante dans la construction de tramways urbains et périurbains.[30] Alors que la première ligne électrifiée est mise en service en 1888 entre Vevey et Montreux, toutes les principales villes de Suisse sont déjà équipées en 1903. Sous-développé jusqu'à l'arrivée de l'électricité, avec 23 kilomètres de lignes, le réseau suisse de tramway explose et atteint 422 kilomètres en 1910 (fig. 4). En 1895, 41 pour cent du réseau sont déjà électrifiés, ce qui place la Suisse loin devant l'Allemagne (23 pour cent) et la Grande-Bretagne (6 pour cent), la moyenne européenne se situant à 7,5 pour cent. Le réseau suisse est même électrifié à 99 pour cent, en 1903, tandis que celui de la Grande-Bretagne n'en est qu'à 38 pour cent. Plus encore que dans d'autres pays européens, le tramway électrique révolutionne donc la mobilité urbaine, faisant entrer les grandes villes suisses dans de nouvelles logiques d'organisation spatiale, dont l'échelle est désormais l'agglomération.[31] La deuxième conséquence majeure de l'électricité sur le système de transport suisse est l'épanouissement du réseau de chemins de fer secondaires à voies étroites (fig. 4). Entre 1890 et 1910, celui-ci passe de 261 à 1004 kilomètres, 69 pour cent des 743 kilomètres construits étant électrifiés. Enfin, dès 1899, l'électrification des chemins de fer à voie normale est amorcée sur la ligne Berne-Thoune qui est la première en Europe, puis, en 1906, dans le tunnel du Simplon et en 1913 dans celui du Lötschberg[32]. Les grands programmes d'électrification ne sont toutefois réalisés que dans l'Entre-deux-guerres. En 1931, la proportion du réseau suisse électrifié s'élève à 67 pour cent, ce qui place la Suisse loin devant l'Autriche et la Suède avec 14 pour cent[33].

Le développement précoce et intense de la traction électrique a eu des effets importants sur l'ensemble du système énergétique suisse. Alors que les besoins de l'éclairage électrique se laissaient encore satisfaire par de petites centrales privées, la fourniture des réseaux de tramways stimule la construction d'usines électriques de deuxième génération, dont l'exploitation est prise en charge par les communes. Au tournant du siècle, les principales villes de Suisse sont ainsi alimentées par des réseaux municipaux performants qui offrent de la force motrice bon marché. Quant aux chemins de fer secondaires, ils sont souvent liés à la

construction d'usines électriques permettant d'alimenter des réseaux d'éclairage et de distribution de force motrice, ce qui a pour effet d'accélérer l'électrification des campagnes. Cette disponibilité de force motrice électrique bon marché a des effets importants sur le processus d'industrialisation. A l'échelle suisse, entre 1895 et 1911, la proportion de l'électricité dans la force motrice consommée par la grande industrie s'élève de 5 à 43 pour cent.[34] Alors que durant la première révolution industrielle, les grandes entreprises s'étaient disséminées à la campagne, allant chercher l'énergie le long des cours d'eau, celles issues de la seconde révolution industrielle s'implantent plus volontiers à la périphérie des villes, provoquant un mouvement d'urbanisation de l'industrie suisse.[35] A ce propos, le cas de Genève à la Belle Epoque, où se développent les industries de l'électrotechnique, de la chimie, de l'électrochimie et des véhicules automobiles, est tout à fait éclairant.[36] Au tournant du 20e siècle, le système énergétique suisse entre donc dans une nouvelle phase qui est marquée par une diminution de sa dépendance à l'égard du charbon. En l'absence de statistiques énergétiques fédérales avant 1910, il est impossible de déterminer le moment exact de cette inflexion, dont l'ampleur est par contre plus facile à expliciter. Grâce à la consommation massive de force motrice hydroélectrique dans l'industrie et le transport, qui s'accompagne de l'épanouissement de l'éclairage électrique et de l'électrochimie (aluminium), l'eau progresse de 5,3 à 20,1 pour cent de la consommation d'énergie primaire entre 1910 et 1937, tandis que le charbon s'affaisse de 78,3 à 61,7 pour cent.[37] Quant au pétrole, dont la consommation est stimulée par le perfectionnement du moteur à combustion interne dès les années 1880, il commence alors son ascension irrésistible, passant de 0,7 à 10 pour cent durant la même période.

## Conclusion: pour une histoire conjuguée de l'énergie et du transport

A l'issue de ce rapide parcours de l'évolution du système énergétique suisse au cours du 19e siècle, force est de constater qu'il n'est pas possible d'en comprendre les inflexions sans les mettre en relation avec le développement du système de transport. A contrario, les évolutions du système de transport, que ce soit du point de vue des technologies utilisées ou de l'intensité, de la rapidité et du coût de la mobilité, ne peuvent être dissociées des conditions-cadres énergétiques. La conclusion de cette analyse ne peut donc être qu'un plaidoyer en faveur d'une histoire conjuguée de l'énergie et du transport, ce d'autant plus qu'au cours du 20e siècle, cette interaction garde toute son importance. L'ascension du pétrole, qui devient le pilier du système énergétique suisse dans la seconde moitié du siècle, n'est certes possible que grâce à

l'expansion géographique des forages et l'explosion de la production. Toutefois, l'évolution du prix de ce combustible en Suisse dépend aussi de la mise au point de navires aux capacités et à l'autonomie toujours plus grandes ainsi que de l'installation d'oléoducs. Quant au 21e siècle, il marque peut-être un changement de paradigme. L'avenir des énergies renouvelables, qui passe par une amélioration de leur prix, semble en effet plus être lié aux capacités de leur stockage qu'à l'efficacité de leur transport.

*Notes*

1 Quelques éléments de réflexion figurent dans: Roger Fouquet, *Heat, Power and Light. Revolutions in Energy Services*, Cheltenham 2008; Vaclav Smil, *Energy in Nature and Society. General Energetics of Complex Systems*, Cambridge 2008; Jean-Claude Debeir, Jean-Paul Deléage, Daniel Hémery, *Les servitudes de la puissance. Une histoire de l'énergie*, Paris 1986.
2 Franz Auf der Maur, Robert André, *Trésors du sol suisse*, vol. 2, Lausanne 1987.
3 Daniel Marek, *Kohle. Die Industrialisierung der Schweiz aus der Energieperspektive 1850–1900*, Berne 1992, 69–77.
4 Nicola Ulmi, «‹Les immenses avantages de la clarté› ou comment la ville de Genève décida de s'éclairer au gaz (1838–1843)», *Bulletin du Département d'histoire économique (Université de Genève)* 22 (1991/92), 41; Services industriels de Genève (éd.), *Le centenaire de l'industrie du gaz à Genève 1844–1944*, Genève 1944, 14–16, 24.
5 Marek (voir note 3), 35, 232.
6 Hannes Hofman, *Die Anfänge der Maschinenindustrie in der deutschen Schweiz 1800–1875*, Zurich 1962, 81–88.
7 Les coûts de production de filatures à Zurich, Manchester et en Alsace figurent dans Peter Dudzik, *Innovation und Investition. Technische Entwicklung und Unternehmerentscheide in der schweizerischen Baumwollspinnerei 1800 bis 1916*, Zurich 1987, 425.
8 Cédric Humair, *1848. Naissance de la Suisse moderne*, Lausanne 2009, 20–28.
9 Marek (voir note 3), 162–189.
10 Heiner Ritzmann-Blickenstorfer (éd.), *Statistique historique de la Suisse*, Zurich 1996, tab. H.7, 488.
11 *Rapport de la commission fédérale d'experts sur les relations commerciales de la Suisse avec l'étranger*, Lucerne 1844, 23–25.
12 Serge Paquier, Jean-Pierre Williot, «Origine et diffusion d'une technologie nouvelle au XIXe siècle», in Serge Paquier, Jean-Pierre Williot (dir.), *L'industrie du gaz en Europe aux XIXe et XXe siècles. L'innovation entre marchés privés et collectivités publiques*, Bruxelles 2005, 21–51, ici 26–30.
13 Cédric Humair, *Développement économique et Etat central 1815–1914. Un siècle de politique douanière suisse au service des élites*, Berne 2004, 165–180.
14 *Actes de la Société suisse d'utilité publique. Vingt-sixième rapport 1841*, Lausanne 1842, 179 s.
15 Cédric Humair, «Industrialisation, chemin de fer et Etat central. Retard et démarrage du réseau ferroviaire helvétique (1836–1852)», *traverse* 1 (2008), 15–30.
16 Marek (voir note 3), 260.
17 Daniel Marek, «Der Weg zum fossilen Energiesystem. Ressourcengeschichte der Kohle am Beispiel der Schweiz 1850–1910», in Werner Abelshauser (éd.), *Umweltgeschichte. Umweltverträgliches Wirtschaften in historischer Perspektive. Acht Beiträge*, Gœttingue 1994, 57–75, ici 70.

18 Dudzik (voir note 7), 299.
19 Christian Pfister, Daniel Brändli, «Rodungen im Gebirge. Überschwemmungen im Vorland: ein Deutungsmuster macht Karriere», in Rolf Peter Sieferle, Helga Breuninger (éd.), *Natur-Bilder. Wahrnehmungen von Natur und Umwelt in der Geschichte*, Francfort-sur-le-Main 1999, 297–323.
20 Bruno Fritzsche et al., *Historischer Strukturatlas der Schweiz*, Baden 2001, 61 s.
21 Hans-Ulrich Schiedt, «Reisezeiten im 19. Jahrhundert», *Wege und Geschichte* 2 (2008), 4–10, ici 5.
22 Gérard Duc, «Le prix du transport ferroviaire marchandises comme argument en faveur du rachat des compagnies ferroviaires privées en Suisse (1880–1913), *traverse* 1 (2008), 49–62, ici 50 s.
23 Carlo G. Lacaita, «La Ferrovia e il traforo del san Gottardo nel dibattito degli ingegneri», in *Il San Gottardo e l'Europa. Genesi di una ferrovia alpina, 1882–1982*, Bellinzone 1983, 65–95.
24 Intervention de François-Gabriel Chavannes-Burnat, *Bulletin des séances du Grand Conseil du Canton de Vaud*, séance du 29. 11. 1872, 461 s.
25 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.
26 Serge Paquier, *Histoire de l'électricité en Suisse. La dynamique d'un petit pays européen 1875–1939*, vol. 1, Genève 1998, 338–344; Gérard Benz, *Les Alpes et le chemin de fer*, Lausanne 2007, 66–78.
27 Cédric Humair, «Tourisme et technologies de transport dans l'arc lémanique: le cas du premier funiculaire à câble suisse entre Lausanne et Ouchy (1869–1914)», *Revue Historique Vaudoise* 114 (2006), 213–225, ici 216–219; 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* 2 (2006), 127–151.
28 René Thiessing, Henri Dupuis (dir.), *Les chemins de fer suisses après un siècle 1847–1947*, t. 5, Neuchâtel 1965, 40–44.
29 David Gugerli, *Redeströme. Zur Elektrifizierung der Schweiz 1880–1914*, Zurich 1996, 63–132; Paquier (voir note 26), 477–510.
30 Cedric Humair, «Following the American Sister Republic. Urban Public Transport in Switzerland 1870–1910», in Gijs Mom et al. (éd.) *Mobility in History. Themes in Transport = T2M Yearbook 2011*, Neuchâtel 2011, 105–126.
31 Hans-Rudolf Galliker, *Tramstadt. Öffentlicher Nahverkehr und Stadtentwicklung am Beispiel Zürichs*, Zurich 1997.
32 Anna Amacher, «Dynamische und risikofreudige Berner. BLS und BKW auf dem Weg zur Pioniertat, 1902–1914», *Berner Zeitschrift für Geschichte und Heimatkunde* 2 (2007), 77–150.
33 Paul Bairoch, «Les spécificités des chemins de fer suisses des origines à nos jours», *Revue suisse d'histoire* 39 (1989), 35–57, ici 45.
34 *Statistique suisse des fabriques du 14 septembre 1944*, Berne 1946, 32.
35 Cédric Humair, «Technologies de l'énergie et mutations urbaines: les réseaux hydroélectriques et leurs conséquences sur les villes suisses de la Belle Epoque», in Cédric Humair, Hans Ulrich Jost (éd.), *Prométhée déchaîné. Technologies, culture et société helvétiques à la Belle Epoque*, Lausanne 2008, 21–35, ici 32–34.
36 Doron Allalouf, *Genève à la fin du XIXe siècle. Emploi de nouvelles formes d'énergie et industrialisation*, mémoire de licence, Genève 1991.
37 Ritzmann-Blickenstorfer (voir note 10), tab. J.1, 588.

## Zusammenfassung


### Energie und Transport im 19. Jahrhundert. Das Beispiel Schweiz

Ziel des Beitrags ist es, besser zu verstehen, wie sich die beiden technischen Systeme «Energie» und «Transport» im 19. Jahrhundert in der Schweiz in gegenseitiger Abhängigkeit entwickelt haben. Während die bisherige Forschung die beiden Bereiche zu häufig voneinander getrennt analysiert oder ihre Beziehung auf die Rolle neuer Energietechnologien für die Effizienz in der Transportindustrie begrenzt hat, versucht der vorliegende Artikel, die vielschichtigen Interaktionen der beiden Systeme zu verstehen und ihre synergetische Entwicklung in der Schweiz aufzuzeigen. Das Fehlen von Kohle und der Überfluss an Wasser beeinflussten in bedeutender Weise die Wahl der Transport- und Antriebsweisen, während umgekehrt das verspätete Zustandekommen eines Schienennetzes und der Wille, das Transportwesen zu elektrifizieren, grossen Einfluss auf die Ausgestaltung des Energiewesens hatten. Um diese Entwicklung sinnvoll analysieren zu können, muss das Verhältnis zwischen Energie und Transportwesen in einen grösseren historischen Kontext gestellt werden, insbesondere in den der Industrialisierung, die das 19. Jahrhundert prägte.

*(Übersetzung Anja Rathmann-Lutz)*