

Pour une histoire des symbioses énergétiques et matérielles

jeudi 23 septembre 2021, par Jean-Baptiste Fressoz

Avec l'urgence climatique, l'expression « transition énergétique » a acquis un tel prestige que les historiens en sont venus à l'employer pour décrire toutes sortes de processus, y compris ceux qui furent, à rigoureusement parler, des additions énergétiques. Le problème de la « transition énergétique » est qu'elle projette un passé qui n'existe pas sur un futur pour le moins fantomatique. Cet article propose une nouvelle façon d'aborder l'histoire de l'énergie en tant que dynamique d'accumulation symbiotique.

Ces dernières années ont vu paraître de nombreux ouvrages portant sur l'histoire de l'énergie. On peut se réjouir de ce renouveau d'intérêt, on peut aussi regretter que ces ouvrages se soient placés sous la bannière de la « transition ». [1].

La révolution industrielle est ainsi présentée comme une « transition » du bois au charbon, comme le passage d'une « économie organique » vers une « économie minérale ». On peut lire dans un ouvrage de référence récent que le pétrole et l'électricité au XX^e siècle furent des « transitions énergétiques » – alors que l'électricité accroît la consommation de houille et que le pétrole ne la réduit pas forcément [2]. La vision « phasiste » du monde matériel est si profondément ancrée que des historiens opposent un XIX^e siècle du charbon à un XX^e siècle du pétrole – et en tirent des conclusions hasardeuses sur l'histoire et la nature du pouvoir [3]. La prodigieuse lenteur de l'actuelle « transition énergétique » n'a pas non plus annulé les présomptions sur celles qui sont supposées avoir eu lieu par le passé [4].

Le problème de ces travaux n'est pas tant leur base empirique que ce qu'ils choisissent d'étudier. En se focalisant sur les transitions, l'histoire de l'énergie oriente les leçons que l'on infère du passé [5]. Cet article propose d'aborder la question par un autre angle : non pas celui des dynamiques, ni même celui des persistances, mais en considérant les relations symbiotiques qui se nouent entre énergies et matières [6].

Symbioses industrielles

Commençons par l'exemple, canonique entre tous, de la révolution industrielle. Depuis les années 1980, les historiens de l'énergie ont ressuscité cette notion en la réinterprétant comme la transition séculaire d'une « économie organique » (l'expression remonte à Werner Sombart) reposant sur le bois, la force musculaire et l'hydraulique, vers une « économie minérale » ou un « capitalisme fossile » fondé sur le charbon, cette « forêt

souterraine » qui permit à l'Europe d'échapper à la « contrainte photosynthétique » [7].

Cette interprétation repose sur des calculs énergétiques qui tendent à minorer le rôle des énergies dites traditionnelles et qui accentuent la révolution produite par le charbon [8]. Derrière la froide objectivité des courbes énergétiques ascendantes du XVI^e au XIX^e siècle se cachent des choix discutables sur ce qui entre dans le calcul. Par exemple, selon les données collectées par Paul Warde – qui sont à l'arrière-plan des analyses d'Anthony Wrigley ou de Vaclav Smil sur la révolution industrielle –, le bois ne jouerait plus aucun rôle dans le mix énergétique britannique au milieu du XIX^e siècle [9]. Pourtant, les mines de charbon anglaises engloutissent d'énormes quantités de bois : des poutres, des étais, des perches et des planches destinés à boiser les galeries. En tout, 4,5 millions de tonnes en 1913 [10]. Cela signifie qu'en 1913 la Grande-Bretagne utilise environ deux fois plus de bois pour extraire son charbon qu'elle n'en brûlait au milieu du XVIII^e siècle. Malgré des efforts d'économie, réalisés au mépris de la sécurité des mineurs, la consommation de bois d'œuvre demeure proportionnelle à l'extraction du charbon (en France : de l'ordre de 3-4 % du charbon extrait) loin dans le XX^e siècle [11]. Cet exemple témoigne d'un phénomène général : bien plus qu'une transition du bois au charbon ou des matières organiques aux matières minérales, l'industrialisation fut avant tout une mise en relation symbiotique des trois règnes.

Cette relation était une évidence pour tous les forestiers de l'époque : l'un d'eux se gausse des « jugements superficiels », de ceux qui « se figurent que grâce à l'emploi du fer, de l'acier et du charbon, le bois est un produit de plus en plus délaissé [12] ». Pendant tout le XIX^e siècle, l'utilisation du bois de feu résiste bien face au charbon. Au début du XX^e siècle, les forestiers Zon et Sparhawk estiment qu'en Amérique du Nord comme en Europe, près de la moitié du bois est abattu pour être brûlé ou carbonisé – ce serait 80 % dans les autres continents [13]. Aux États-Unis, la sidérurgie au bois continue de croître jusque dans les années 1890 et son déclin date de l'entre-deux guerres seulement [14]. La France brûle 20 millions de m³ de bois en 1876 et encore 17

millions en 1908 [15]. La baisse du bois de feu concerne surtout les villes. À Paris, elle est compensée par la montée de la houille bien sûr, mais aussi par celle du charbon de bois dont la consommation par habitant croît jusque dans les années du dernier quart du XIX^e siècle [16].

À cette date, la chimie prend le relais : les forêts de l'Yonne et du Nivernais qui approvisionnaient Paris sont dorénavant exploitées sur place grâce à l'industrie de la pyrolyse du bois qui, à la fin des années 1880, s'implante aux anciens points névralgiques du flottage. Les méthodes modernes de carbonisation (la cornue Lambiotte) permettent d'obtenir de meilleurs rendements, donc davantage de charbon, et surtout de récupérer des gaz dont on tire des produits chimiques et pharmaceutiques à forte valeur ajoutée. La fin du flottage sur l'Yonne dans les années 1920 n'est donc pas le signe d'un déclin du bois-énergie mais plutôt celui de sa reconfiguration par la chimie industrielle [17].

Même si le bois de feu recule dans certains pays ou certaines industries, ce recul est largement compensé par l'augmentation de la consommation de bois d'œuvre. La consommation britannique de bois d'œuvre est ainsi multipliée par 6 entre 1830 et 1930 – et par 3 rapportée au nombre d'habitants [18]. De tous les pays européens, c'est la Grande-Bretagne, championne du charbon, qui importe aussi le plus de bois : 12 millions de m³ à la fin du XIX^e siècle, soit deux fois et demie la production des forêts françaises. Grâce au progrès des transports, elle peut s'approvisionner en quantité croissante à un prix décroissant (-35 % dans le dernier quart du XIX^e siècle). D'autres pays européens mieux dotés en forêts suivent aussi cette tendance : la Belgique voit ses importations multipliées par 6 entre 1860 et 1900 et l'Allemagne, malgré ses forêts résineuses de plaine à fort rendement, double les siennes entre 1888 et 1898. La France, qui dispose surtout de forêts de taillis pour le bois à brûler, est obligée à la fin du XIX^e siècle d'importer 3 millions de m³ de bois d'œuvre, soit la moitié de sa production nationale [19].

Que fait-on de tous ce bois d'œuvre ? Avec des variations nationales, la construction arrive en tête (environ la moitié de la demande), vient ensuite la production de papier (un cinquième), les transports, puis l'emballage (tonneaux et caisses) [20]. D'autres usages massifs sont tombés dans l'oubli : au début du XX^e siècle la plupart des grandes artères londoniennes sont recouvertes de pavés de bois (un matériau glissant mais apprécié par la douceur de son roulement) [21] de même qu'un cinquième des chaussées parisiennes [22].

Les techniques emblématiques de la « révolution industrielle » reposent sur le bois. Les « chemins de fer » auraient tout aussi bien pu s'appeler « chemin de bois » : dans les années 1890, la maintenance du réseau américain requiert 73 millions de traverses par an, soit 14 millions de m³ de grumes – la production de 20 millions d'hectares de forêt. Un dixième de la production forestière des États-Unis serait ainsi consacré au train [23]. Au même moment la consommation en fer pour les rails était de 1,5 million de tonnes par an, un poids à peu près équivalent aux traverses susmentionnées [24]. A cela il faut ajouter que les fabricants de locomotives préféraient recourir à

des aciers « de luxe » issu de la sidérurgie au bois (au moins pour les chaudières et les essieux) moins cassant que l'acier au coke.

La construction repose aussi sur une alliance du bois et du charbon : la cuisson des briques est un gouffre énergétique – le troisième consommateur industriel de charbon américain – et le premier poste de consommation de bois d'œuvre [25]. De manière plus anecdotique, le fameux Palais de cristal de l'exposition universelle de Londres en 1851, symbole de la modernité matérielle (fer/verre) du XIX^e siècle, comportait au moins trois fois plus de bois que de fonte. L'une des vraies innovations liées à ce bâtiment – inspiré des serres agricoles – réside dans la production mécanique de pièces en bois standardisées [26].

Certaines innovations industrielles eurent aussi un rôle essentiel dans l'augmentation de la production de bois. On pense naturellement aux technologies d'attaques – les chemins de fer qui ouvrent de nouveaux fronts à l'exploitation forestière ou les scieries à vapeur – mais dans ce domaine la vraie révolution aura lieu plus tard, après la Seconde Guerre mondiale, avec la diffusion de la tronçonneuse et des engins forestiers [27]. La grande innovation du XIX^e siècle qui accroît indirectement la production de bois, c'est le papier de cellulose. Au début du XX^e siècle, dans les pays riches, le papier est le troisième poste de consommation de bois après l'énergie et la construction [28]. Il s'agit d'une alliance à parts égales de bois et de charbon : chaque tonne de papier nécessitant environ une tonne et demie de chacune de ces matières (en plus de produits chimiques) [29]. Son intérêt est de valoriser les immenses forêts de résineux du Canada et des pays scandinaves, d'utiliser des bois plus jeunes et donc de permettre des rotations forestières plus rapides : à travers l'industrie papetière, le charbon accroît donc la production de bois [30].

Carbon fallacy

« Vous pourriez facilement traverser tout le nord de l'Angleterre » écrivait George Orwell en 1937 « sans vous rendre compte que cent mètres au dessous de la route des mineurs sont en train de tailler du charbon ». « Pourtant, ajoutait-il, ce sont eux qui font avancer la voiture [31] ». Pressés de raconter l'épopée du pétrole et de l'électricité, les historiens filent aussi à toute vitesse vers le futur : passé le cap des années 1900, le charbon passe à l'arrière-plan, analysé en tant que « persistance de l'ancien [32] », alors même que sa plus forte croissance a eu lieu dans les années 2000.

Si le pétrole s'ajoute au charbon plus qu'il ne le remplace c'est parce que les deux matières n'entrent que marginalement en concurrence. Les spécialistes des années 1930 insistent au contraire sur leur complémentarité ou même sur leur « solidarité [33] ». Le pétrole permet surtout de nouveaux usages et, au premier chef, de faire rouler des camions et des voitures. Or, l'automobile, par ses consommations induites, consomme davantage de charbon que de pétrole. En 1934, l'ingénieur en

chef de l'*Anglo-Iranian Company* calcule que l'industrie automobile, la construction des pétroliers, des réservoirs et des raffineries britanniques ont requis 13 Mt d'acier de 1918 à 1934, soit 53 Mt de charbon. La Grande-Bretagne n'ayant consommé que 21 Mt de pétrole dans la même période, il en concluait que chaque tonne de pétrole avait nécessité 2,5 tonnes de charbon [34]. Louis Pineau, le directeur de l'*Office français des combustibles liquides* arrive à un résultat comparable : la production d'une voiture en France nécessitait à peu près autant de charbon (7 tonnes) qu'elle ne consommait d'essence lors de la totalité de son usage [35]. Conclusion : le pétrole « épaula le charbon ». Ces calculs sont des estimations basses puisqu'il faudrait y ajouter le charbon employé à l'adaptation du réseau routier [36] ou encore celui nécessaire au raffinage et au transport du pétrole [37].

En fait, Orwell ne croyait pas si bien dire : avant la Seconde Guerre mondiale, le charbon a effectivement fait avancer la voiture, car on en tirait du benzol, un carburant qui améliorait les qualités anti-détonantes de l'essence. Dans les années 1900, en France, la plupart des autobus et la majorité des automobiles roulaient non pas à l'essence de pétrole, mais au benzol. Selon un journaliste « c'est le benzol qui a développé l'automobile [38] ». Pendant la Première Guerre mondiale, les États belligérants obligent les cokeries et les usines à gaz à récupérer le benzol qui est aussi un composant des explosifs. La production s'accroît fortement dans l'entre-deux guerres en lien avec la perspective d'un conflit militaire. En France, le gouvernement encourage l'utilisation d'un mélange de benzol et d'alcool dénommé le « carburant national ». Dans les grands pays charbonniers, le benzol joue un rôle non négligeable : en Angleterre, il représente un dixième de l'essence et même jusqu'à un quart en Allemagne [39].

Pendant la Guerre froide, le pétrole ne joue qu'un rôle secondaire comme énergie industrielle, la période correspondant plutôt à l'apogée du charbon qui se modernise sous la houlette d'États dirigistes : l'Angleterre connaît son pic de consommation en 1956, le charbon représenterait alors 95 % de son énergie primaire ; en France, le pic de consommation est atteint en 1962 avec 75 millions de tonnes [40]. L'électrification renforce encore la centralité du charbon : des centrales thermiques sont établies directement dans les bassins houillers, les plus grandes pouvant engloutir 4 millions de tonnes de charbon par an [41]. La politique suivie dans les pays capitalistes n'est pas de favoriser le pétrole mais plutôt de gérer au mieux sa coexistence avec le charbon : au premier, l'essence, les lubrifiants, les plastiques, à savoir des produits plus rémunérateurs ; au second, la production électrique, le ciment et la sidérurgie. Les progrès dans le raffinage permettent justement de réduire la part des fractions lourdes destinées à l'industrie. La consommation du *fuel* industriel ne décolle en Europe qu'à partir de 1958 avec l'afflux de pétrole moyen-oriental bon marché et la diffusion véritablement massive de l'automobile qui rendent le pétrole compétitif par rapport au charbon [42].

Contrairement à l'hypothèse de Tim Mitchell, ce n'est donc pas une transition inexistante vers le pétrole qui a pu dompter les

mineurs. En France, la grande grève de 1947-1948 dans les charbonnages du nord fut vaincue grâce à la répression militaire, aux licenciements et surtout grâce au charbon américain et allemand [43]. Pour briser la grève, le gouvernement français importe jusqu'à un million de tonnes de charbon des USA par mois grâce au plan Marshall. Celui-ci, parfois présenté comme le cheval de Troie du pétrole en Europe de l'Ouest [44], a davantage contribué à la modernisation des mines. En France, après EDF, c'est Charbonnage de France qui reçoit le plus d'argent du plan Marshall [45].

Le charbon est au cœur de la stratégie des États-Unis en Europe [46]. C'est sous leur égide qu'est lancé le grand plan « charbon pour l'Europe ». Son but : reconstruire et intégrer l'industrie européenne grâce au charbon de la Ruhr, tout en ménageant des débouchés à leurs propres houillères. L'administration du plan Marshall considère d'un mauvais œil la politique pétrolière expansionniste de la France qui cherche à renforcer sa souveraineté énergétique. Ce plan – qui deviendra celui de Schuman en 1950 puis la CECA en 1954 – permet de protéger le gouvernement français des mineurs cégétistes du Nord puisqu'il est dorénavant possible de puiser dans le charbon allemand. Enfin, le déclin du charbon en France après le plan Jeanneney de 1962 est beaucoup plus spectaculaire en relatif (du fait de l'afflux du pétrole moyen-oriental bon marché) qu'en valeur absolue : la France en consomme encore entre 40 et 50 millions de tonnes dans les années 1970-1980, c'est-à-dire deux fois plus qu'un siècle auparavant.

La vague de globalisation et la révolution néolibérale des années 1980 se sont aussi parfaitement accommodées du charbon. Aux USA l'élection de Reagan marque le début d'une énorme croissance charbonnière, lancée par les chocs pétroliers et qui aboutira en 2008 au pic historique de la consommation américaine à 1,2 Gt/an. Bien plus que le pétrole, c'est l'évolution technologique du charbon qui a transformé la culture politique des mineurs. L'extraction aux USA migre des mines d'antracite de Pennsylvanie vers le Wyoming, des bastions ouvriers socialistes au *Midwest* agricole et républicain. L'activité minière se transforme : plutôt que d'extraire le charbon du sous-sol, d'immenses engins enlèvent le sol qui se trouve au-dessus de lui [47]. Résultat : la productivité des mines triple aux États-Unis entre 1980 et 1995. L'ouvrier des mines à ciel ouvert du Wyoming extrait 20 tonnes de charbon par jour contre 1,5 tonne pour les Charbonnages de France dans les années 1950 [48]. De même, en Allemagne, ce n'est pas le pétrole qui remplace le charbon, mais la lignite qui se substitue à l'antracite. Le charbon a aussi alimenté l'essor économique de la Chine dont la consommation passe de 1,5 Gt à 4 Gt entre 2000 et 2015. Chaque année, la Chine brûle à peu près autant de charbon que la France dans toute son histoire. Le charbon n'est pas une énergie qui serait « moins moderne » que le pétrole. Il est tout autant l'énergie de la « révolution industrielle » que celle d'internet qui n'est au fond qu'un réseau d'électrons supplémentaire.

Notons pour finir que si l'énergie focalise l'attention, son histoire n'est absolument pas exceptionnelle : au cours des deux derniers siècles, l'éventail des matières premières utilisées

s'élargit sans cesse et chacune des matières est consommée en quantités croissantes. Les matières premières ne deviennent jamais obsolètes et les processus de substitution sont largement compensés par les effets rebonds ou les réorientations d'usage. Entre 1900 et 2015, le poids total des matières premières consommées par l'économie mondiale a été multipliée par 12 [49]. Depuis la Seconde Guerre mondiale, malgré la prolifération des produits de synthèse (plastiques, etc.) aucune grande matière première n'a décliné, hormis la laine de mouton qui recule face aux fibres synthétiques, ce qui n'est d'ailleurs pas une bonne nouvelle pour l'environnement. Entre 1960 et 2010, sur les 69 principales matières premières, seules six ont vu leur consommation mondiale décliner. Et pour cinq d'entre elles, cette décroissance est due à leur toxicité et à des interdictions nationales [50]. Malgré la crise environnementale, et malgré la crise financière de 2008, la consommation matérielle mondiale s'accroît : elle a cru de 53 % entre 2002 et 2015. Entre ces deux dates, on a extrait 1 000 Gt de matières du sol, soit un tiers de tout ce qui avait été extrait depuis 1900.

Conclusion

Dans les années 1980, au moment où une nouvelle vague de charbon déferlait sur le monde, la transition devint la grande

préoccupation des historiens de l'énergie. Il faut voir dans ce paradoxe l'influence de la prospective énergétique très en vogue depuis les années 1970. Le discours de la transition émerge dans le milieu des futurologues qui pensent l'avenir énergétique des USA après les chocs pétroliers. Si cette notion n'est pas un bon descripteur du passé, c'est que ce n'était tout simplement pas son but initial [51]. Et si elle a séduit les historiens, c'est qu'elle leur donnait une certaine importance : en parlant la langue des technocrates, des pans entiers de l'historiographie (l'histoire économique, l'histoire des techniques, la révolution industrielle) semblaient soudainement acquérir une grande pertinence pour penser les défis du futur. Connaissant les ressorts des transitions énergétiques passées, les historiens pourraient devenir des experts de la transition à venir.

Le problème est que cette notion ne rendait pas du tout compte de la nature cumulative et symbiotique du passé énergétique et matériel. Elle permettait par contre d'imaginer une économie décarbonnée comme la suite, voire l'aboutissement d'un majestueux processus historique amorcé il y a deux siècles. Le problème de la « transition énergétique » est qu'elle projette un passé qui n'existe pas sur un futur pour le moins fantomatique.

Cet article est paru dans le numéro de janvier 2021 de la série *Responsabilité & Environnement* des *Annales des Mines* que la revue *Les Possibles* est autorisée à reproduire.

Notes

[1] Bruce Podobnik, *Global Energy Shifts. Fostering Sustainability in a Turbulent Age*, Philadelphia, Temple University Press, 2005 ; Roger Fouquet, *Heat, Power and Light, Revolutions in Energy Services*, Cheltenham, Edward Elgar, 2008 ; Richard Rhodes, *Energy and Human History*, New-York, Simon & Schuster, 2018 ; Arnulf Grubler, « Energy transitions research : Insights and Cautionary Tales », *Energy Policy*, vol. 50, 2012, 8-16 ; Charlie Wilson and Arnulf Grubler, « Lessons From the History of Technological Change for Clean Energy Scenarios and Policies », *Natural Resources Forum*, vol. 35, 2011, 165–184 ; Jean-Claude Debeir, Jean-Paul Deléage, Daniel Hémy, *Une histoire de l'énergie*, Paris, Flammarion, 2013 ; Yves Bouvier et Leonard Laborie, *L'Europe en transitions. Énergie, mobilité, communication, XVIII^e-XXI^e siècles*, Paris, Nouveau Monde éditions, 2016 ; Geneviève Massard-Guilbaud et Charles-François Mathis, *Sous le soleil. Systèmes et transitions énergétiques du moyen âge à nos jours*, Paris, Presses de la Sorbonne, 2019. Un petit contrepoint : Jean-Baptiste Fressoz, « Pour une histoire désorientée de l'énergie », *Entropia*, vol. 15, 2013.

[2] Astrid Kander, Paolo Malamina, Paul Warde, *Power to the people. Energy in Europe Over the Last Five Centuries*, Princeton, Princeton University Press, 2013, p. 251.

[3] Tim Mitchell, *Carbon Democracy. Political Power in the Age of Oil*, Londres, Verso, 2011.

[4] Vaclav Smil, *Energy Transitions. History, Requirements, Prospects*, Santa Barbara, Praeger, 2010.

[5] Certains auteurs mentionnent d'ailleurs rapidement en passant le fait que les énergies s'additionnent plus qu'elles ne se substituent tout en conservant une optique ultra-transitionniste à leurs récits. C'est que ces articles ont une fonction essentiellement motivationnelle et qu'il ne faudrait pas gâcher leur message optimiste très apprécié des innombrables rapports sur la transition. Un exemple frappant : Benjamin Sovacool, « How long will it take ? Conceptualizing the temporal dynamics of energy transitions », *Energy Research & Social Science*, vol. 13, 2016, p. 202–215.

[6] L'étude des persistances est extrêmement importante et ce sont ces travaux qui nourrissent cet article. Pour la sidérurgie au charbon de bois Richard H. Schallenberg, « Evolution, adaptation and survival : the very slow death of the American charcoal iron industry », *Annals of Science*, vol. 32, n°4, p. 341-358 ; sur l'hydraulique Louis C. Hunter, *History of Industrial Power in the United States, 1750-1930*, Vol. I, *Waterpower in the Century of Steam*, Charlottesville, University Press of Virginia, 1979 et Serge Benoît, *D'eau et de feu : forges et énergie hydraulique, XVIIIe-XXe siècle. Une histoire singulière de l'industrialisation française*, Rennes, Presses Universitaires de Rennes, 2020. Sur la force animale : J.A. Tarr, *The Horse in the City. Living Machines in the Nineteenth Century*, Baltimore, The John Hopkins University Press, 2007 ; François Jarrige et Mohamed Kasdi, « Moteurs animés des filatures », in François Jarrige et Alexis Vrignon, *Face à la puissance. Une histoire des énergies alternatives à l'âge industriel*, Paris, La Découverte, 2020. Sur les persistances technologiques en général, voir le livre très percutant de David Edgerton, *Quoi de neuf ? Une histoire globale des techniques au XXe siècle*, Paris, Le Seuil, 2012.

[7] Rudolf Sieferle, *The Subterranean Forest : Energy Systems and the Industrial Revolution*, Cambridge, The White Horse Press, 2001 ; Anthony Wrigley, *Energy and the English industrial revolution*, Cambridge, Cambridge University Press, 2010.

[8] Cela tient à plusieurs raisons : (1) l'approche est centrée sur la production énergétique et non sur les services énergétiques effectivement rendus, (2) faute de données, il est difficile de bien mesurer certaines énergies organiques, (3) les paramètres retenus pour l'efficacité des convertisseurs (moulin hydraulique vs machine à vapeur par exemple) accroissent l'impact du charbon. Sur ce point, voir Jean-Baptiste Fressoz, « Pour une histoire matérielle de la lumière » in F. Jarrige et A. Vrignon, *Face à la puissance, op. cit.*

[9] Paul Warde, *Energy Consumption In England and Wales*, Consiglio Nazionale delle Ricerche Istituto di Studi sulle Società del Mediterraneo, 2007, p. 69 et appendix 2. Wrigley p. *Energy and the Industrial Revolution*, op. cit., p. 37 ; Vaclav Smil, *Energy transition...*, op. cit., p. 79.

[10] Richard Redmayne, *The British Coal Industry During the War*, Oxford, Clarendon Press, 1923, p. 44 . Selon Paul Warde, 3,6 millions de m³ (soit environ 2,2 millions de tonnes) correspond à la fourchette haute du pic du bois de feu au milieu du XVIII^e siècle en Angleterre et Pays de Galles. cf. Warde, *op. cit.*, p. 38.

[11] Jean-Pierre Coulon, *Les bois de mine*, Paris, Presses universitaire de France, 1940.

[12] A. Mélard, *Insuffisance du bois d'œuvre dans le monde*, Paris, Imprimerie nationale, 1900, p. 3.

[13] Dudley Stamp, « The Forest of Europe : Present and Future », *Empire Forestry Journal* , 1928, Vol. 7, n° 2, 1928, p. 185-202.

[14] Schallenberg, art. cit.

[15] Cf *Statistique forestière*, Paris, Imprimerie nationale, 1878, p. 108 et Lucien Daubrée, *Statistique et Atlas des forêts de France*, Paris, Imprimerie nationale, 1912, vol. 2, p. 334.

[16] La consommation de charbon de bois de Paris passe de 100 000 m³ en 1800 à 500 000 m³ en 1880. Becquerel, « Mémoire sur les forêts et leur influence climatérique », *Mémoire de l'Académie des sciences*, vol. 35, 1866, p. 508-5010 et Imbart de la Tour, *La crise agricole en France et à l'étranger*, thèse de droit, Paris, 1900, p. 103.

[17] R. Braque, « Les industries de la carbonisation du bois en France », *L'Information Géographique*, 1949, vol. 13, n°1, p. 28-33.

[18] W.E. Hiley, *The Economics of Forestry*, Oxford, Oxford University Press, 1930, p. 38.

[19] Mélard, *op. cit.*

[20] Egon Glesinger, *Le Bois en Europe*, Paris, Sirey, 1932.

[21] On le voit sur la *Bartholomew's road surface map of London & neighbourhood*. Cf.

[22] J. Beauverie, *Le Bois*, Paris, Gauthier-Villar, 1905, vol. 2, p. 1327. André Guillerme, *Bâtir la ville : révolutions industrielles dans les matériaux de construction*, Paris, Champs Vallon, 1995, p. 220-222.

[23] Tratman et Fernow, « Consommation des traverses par les chemins de fer des États-Unis d'Amérique », *Revue générale des chemins de fer*, 1891, vol. 14, p. 44-49.

[24] *Monthly Summary of Commerce and Finance of the United States*, Washington, Government Printing Office, Juillet 1900, p. 258.

[25] Henri Le Chatelier, *Le Chauffage industriel*, 1925, p. 454 ; « How much coal is burned in clay products plants », *The Black Diamond*, 1919, vol. 63, n°1, p. 321.

[26] *Report of the Commissioners for the exhibition of 1851*, Londres, Clowes, 1852, p. 69.

[27] Paul Josephson, *Industrialized Nature, Brute Force Technology and the Transformation of the Natural World*, 2002, chapitre 2.

[28] Glesinger, op. cit., p. 315.

[29] Dans l'entre-deux guerres, l'industrie papetière anglaise brûle 2,5 millions de tonnes de charbon, légèrement plus que l'industrie textile. John R. Bradley, *Fuel and Power in the British Empire*, Washington, Government Printing Office, 1935, p. 52.

[30] Hiley, op. cit., p. 10.

[31] George Orwell, *The Road to Wigan Pier*, 1937, New-York, Harcourt, 1958, p. 34

[32] *Power to the People* op. cit. p. 258.

[33] Robert Brunschwig, « Charbon et pétrole dans l'économie moderne », *Annales de l'Office national des combustibles liquides*, vol. 8, n°2, 1933, p. 266. Hormis dans le transport maritime où il y a effectivement une substitution grâce au rendement supérieur des moteurs diesel par rapport aux machines à vapeur.

[34] Dalley, « oil as an ally of coal », in John R. Bradley, *Fuel and Power in the British Empire*, US department of Commerce, 1935.

[35] Louis Pineau, « Le Pétrole », *Le Génie civil*, vol. 106, n°14, p. 338-340

[36] Avant 1960, le ciment est produit quasi exclusivement avec du charbon. L'explosion de la production de ciment est contemporaine de l'automobile : la production mondiale passe de 2 Mt en 1880 à 235 Mt en 1956. Chaque tonne de ciment nécessite alors 300 kilos de charbon. La part du ciment dévolue aux routes est variable selon les pays : 10 % en France, 25 % aux USA dans les années 1950. Yves Lacoste, « L'industrie du ciment », *Annales de Géographie*, 1957, n° 357, p. 411-435.

[37] Les trois quarts des tankers sont encore des *steamers* en 1929. Cf. Jacques Schuman, *Le transport maritime des pétroles*, Paris, Pedone, 1936, p. 54. Les raffineries américaines consomment 3 millions de tonnes de charbon par an dans les années 1920.

[38] *Bulletin municipal officiel de la ville de Paris*, 5 décembre 1911, p. 4299

[39] Charles Bihoreau, « Le benzol et son emploi comme carburant », *Annales de l'office nationale des carburants liquides*, 1927, p. 281-308.

- [40] Les pics d'extraction ont lieu avant : 1913 en Grande-Bretagne, 1958 en France.
- [41] C. Prêcheur, « L'électricité en France en 1959 et 1960 », *L'information géographique*, vol. 25, n°3, 1961, p. 109-120 et C. Chaline, « Tendances actuelles de la production de charbon en Grande-Bretagne », *L'information géographique*, vol. 26, n°4, 1962, p. 169-171.
- [42] Roger Brunet, « Le pétrole en Grande-Bretagne », *L'Information géographique*, 1961, vol. 25, n°2, p. 69-77.
- [43] [Marion Fontaine](#) et [Xavier Vigna](#), « La grève des mineurs de l'automne 1948 en France », *Vingtième siècle*, 2014, n°121, p. 21-34.
- [44] David Painter, « The Marshall Plan and oil », *Cold War History*, vol. 9, n°2, 2009, p. 159–175.h
- [45] Jean Chardonnet, « Le problème du charbon », *La revue économique*, 1951, vol. 3, p. 315-325 ; *Rapport sur les aspects économiques du plan de modernisation des houillères*, Paris, Lahure, 1949, p. 7-9.
- [46] Darryl Holter, « politique charbonnière et guerre froide 1945-1950 », *Le mouvement social*, 1985, n°130, p. 33-53 et Régine Perron, *Le marché du charbon, un enjeu entre l'Europe et les États-Unis de 1945 à 1958*, Paris, Editions de la Sorbonne, 1996 ; Keisuke Mamehara, « Du plan Monnet au plan Béthancourt Comment ont évolué la politique charbonnière et la politique énergétique pendant les trente glorieuses », thèse de l'université de Paris IV, 2016.
- [47] Jean-Pierre Anglier, « Le charbon, industrie nouvelle », [Revue d'économie industrielle](#), 1981, vol.16, p. 1-15 ; Jeff Goodell, *Big Coal : The Dirty Secret Behind America's Energy Future*, New York, Houghton Mifflin, 2006.
- [48] M. Kuby, Z. Xie, « The effect of restructuring on US Coal Mining labour productivity », *Energy*, 2001, vol. 26, n°11, p. 1015-1030.
- [49] Krausman et al. « From resource extraction to outflows 1900-2015 », *Global environmental change*, 2018.
- [50] Il s'agit de l'amiante, du mercure, du beryllium, du tellurium et du thallium. Cf. Christopher L. Magee Tesselano C. Devezas, « A simple extension of dematerialization theory : Incorporation of technical progress and the rebound effect », *Technological Forecasting & Social Change*, vol. 117, 2017, p. 196-205.
- [51] Jean-Baptiste Fresso, « Transition énergétique : du rêve atomique au déni climatique », article à paraître.