

**La « transition énergétique »,
de l'utopie atomique au déni climatique,
USA, 1945-1980.**

Jean-Baptiste Fressoz, Centre de Recherches Historiques, CNRS-EHESS.

« Inventer le futur » : c'était le titre qu'Edward David, le président de la R&D d'Exxon, avait choisi pour son discours du 26 octobre 1982 à l'observatoire Lamont-Doherty, non loin de New-York. Ancien haut responsable du célèbre laboratoire de Bell AT&T, ex-conseiller scientifique de Nixon, David faisait partie des quelques scientifiques-patrons d'industrie qui pouvaient prétendre, sinon inventer, du moins peser sur l'avenir. Son discours portait sur le pétrole, la prospective énergétique et les raffineries modernes. Rien d'original. Le contexte l'était davantage : David inaugurerait un colloque de *climatologie*. Les autres participants, tous des scientifiques du domaine, traiteraient des *feedbacks* du changement climatique : comment réagiraient végétation, océans et nuages face à l'augmentation de la température. Le climatologue James Hansen, qui organisait le colloque, lui avait demandé de parler d'un autre type de réaction : celui des sociétés humaines.

Devant un tel parterre, le climatoscepticisme n'était pas une option : le réchauffement existe, il va avoir lieu, il pourrait même devenir grave au XXI^e siècle. Mais la question intéressante est différente, elle est d'ordre temporel. Quel phénomène se réalisera en premier : la catastrophe climatique ou bien la « transition énergétique » ? Car c'est là le thème clé du discours : le mix énergétique change de manière aussi certaine que le climat. « Tout le monde sait », affirme le cadre d'Exxon, « que nous sommes entrés dans une transition énergétique ». Ce processus est lent, mais il est inexorable. Et il fonde cette affirmation sur l'histoire : les Etats-Unis, aux XIX^e et XX^e siècles, ont connu deux transitions énergétiques, l'une du bois au charbon, la seconde du charbon au pétrole. La troisième transition, celle en cours, débarrassera le monde des fossiles et installera « un mix de ressources renouvelables qui ne poseront pas de problème de CO₂ ». Science, capitalisme et innovation ont produit deux transitions par le passé : surtout ne les entravons pas¹.

Le plus révélateur dans cette affaire est la réaction de James Hansen. Ce pionnier de l'alerte climatique, qui deviendra la bête-noire des climatosceptiques, publie le discours de David en première place dans les actes du colloque. Une histoire fallacieuse de l'énergie (le charbon était alors en forte croissance aux USA, en partie grâce à Exxon) nourrissait une

¹ Edward DAVID Jr., « Inventing the Future : Energy and the CO₂ Greenhouse effect », James Hansen et Taro Takahashi (ed.), *Climate processes and climate sensitivity*, American Geophysical Union, Washington DC, 1984, p. 1-5.

forme de déni climatique. Et pourtant, dans sa préface, Hansen remerciait le président d'Exxon R&D pour ses « intéressantes réflexions² ».

Cet article propose une généalogie de la « transition énergétique » aux Etats-Unis, après la seconde guerre mondiale. Comme s'est construite cette vision particulière du passé et du futur de l'énergie? Quels experts l'ont portée? Dans quel contexte politique, scientifique et industriel a-t-elle émergé? Et quel rapport entretient-elle avec l'histoire de l'énergie? En répondant à ces questions, cet article contribue à trois historiographies. La première est celle de la fabrique de l'ignorance ou « agnotologie ». Les campagnes climatosceptiques des compagnies pétrolières ont déjà été bien étudiées par les historiens des sciences³ et je voudrais contribuer à cette question en décalant le regard. Je m'intéresse moins au climatoscepticisme *stricto-sensu* qu'à une forme plus subtile, plus acceptable et donc beaucoup plus générale de désinhibition face à la crise climatique : la futurologie de « la transition énergétique ». Or au sein de cette dernière, l'histoire, un certain type d'histoire de l'énergie, a joué et continue de jouer un rôle crucial. Comme le montre le discours de David, la force de conviction de la transition tient à son caractère ambigu, ambidextre, à cheval entre histoire et prospective, dans cette manière de projeter un passé énergétique imaginaire pour annoncer un futur qui pourrait l'être tout autant.

Le point de départ de cette recherche ne fut pas tant la question climatique que l'historiographie récente de l'énergie et un certain malaise ressenti à la lecture de celle-ci. Pour désigner toutes sortes de transformation, les auteurs emploient couramment le terme de « transition énergétique », même quand il faudrait en toute rigueur parler « d'additions énergétiques⁴ ». La révolution industrielle est ainsi présentée comme une « transition » du bois vers le charbon, alors même que la consommation de bois explose au XIXe siècle dans tous les pays industriels. Un ouvrage de référence récent parle du pétrole et de l'électricité comme deux « transitions énergétiques », alors que l'électricité accroît la consommation de charbon et que le pétrole ne la réduit pas nécessairement⁵. La perception « phasiste » de

² ID., p. vii.

³ Sur la stratégie du doute voir Robert N. Proctor, *Golden Holocaust, La conspiration des industriels du tabac*, Paris, Equateurs, 2014 ; Naomi ORESKES et Erik CONWAY, *Merchants of Doubt : How a Handful of Scientists Obscured the Truth on Issues from Tobacco Smoke to Global Warming*, New York, Bloomsbury Press, 2010 ; Neela BANERJEE, *Exxon: The Road Not Taken*, 2015 (<https://insideclimatenews.org/content/Exxon-The-715-Road-Not-Taken>) ; Benjamin FRANTA, « Early Oil Industry Knowledge of CO₂ and Global Warming », *Nature Climate Change* 2018, 8, p. 1024-1025 ; Nathanael RICH, *Perdre la terre*, Paris, Le Seuil, 2019 ; Christophe BONNEUIL, Pierre Louis CHOQUET et Benjamin FRANTA, « Early warnings and emerging environmental accountability: Total's responses to global warming, 1971-2021 », *Global Environmental Change*, 2021.

⁴ Bruce PODOBNIK, *Global Energy Shifts. Fostering Sustainability in a Turbulent Age*, Philadelphie, Temple University Press, 2005 ; Roger FOUQUET, *Heat, Power and Light, Revolutions in Energy Services*, Chetelnham, Edward Elgard, 2008 ; Richard RHODES, *Energy a Human History*, New-York, Simon & Schuster, 2018 ; Arnulf GRUBLER, « Energy transitions research : Insights and Cautionary Tales », *Energy Policy*, vol. 50, 2012, p. 8-16 ; Charlie WILSON et Arnulf GRUBLER, « Lessons From the History of Technological Change for Clean Energy Scenarios and Policies », *Natural Resources Forum*, vol. 35, 2011, p. 165-184. Un contrepoint : Jean-Baptiste FRESSOZ, « Pour une histoire désorientée de l'énergie », *Entropia*, 2013, vol. 15, p. 173-187.

⁵ 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.

l'énergie est si profondément ancrée que des historiens opposent un XIXe siècle du charbon à un XXe siècle du pétrole —et en tirent des conclusions hasardeuses sur l'histoire et la nature du pouvoir⁶. Enfin, même la prodigieuse lenteur de l'actuelle « transition énergétique » n'a pas annulé les présomptions sur celles qui sont supposées avoir eu lieu par le passé⁷.

Il n'y a pourtant aucune raison pour que les historiens choisissent la transition comme motif principal de leurs récits. Les sources d'énergies entrent en symbiose autant qu'en concurrence. Par exemple, le développement du charbon au XIXe siècle accroît la consommation de bois. Au début du XXe siècle, la Grande-Bretagne consomme davantage de bois uniquement pour extraire le charbon de ses mines (planches, étais, poteaux) qu'elle n'en brûlait au milieu du XVIIIe siècle. De même, le pétrole stimule l'extraction de la houille, indispensable pour bâtir le nouveau réseau technique : tankers, pipelines, raffineries, automobiles et donc sidérurgie, routes et donc ciment⁸. Comme l'expliquaient les ingénieurs de l'entre deux guerres, le pétrole est un « allié » du charbon⁹. Ces relations symbiotiques expliquent pourquoi aux cours des XIXe et XXe siècles les énergies primaires ont eu tendance à s'additionner plutôt qu'à se substituer. Cet article montre que si la notion de transition n'est pas un bon descripteur des transformations passées c'est tout simplement parce que ce n'était pas son but : l'idée ne vient pas d'une observation du passé, mais de l'anticipation du futur ; elle ne vient pas des historiens, mais du milieu de la prospective énergétique.

Enfin, cet article propose une histoire —partielle car centrée sur la généalogie de la transition— d'un domaine encore peu exploré par les historiens : celui de la futurologie énergétique¹⁰. Il se base sur l'étude de rapports d'experts, de discours et de visualisations qui traitent à la fois du passé et du futur de l'énergie. Outre la littérature grise, la presse, et des documents internes des compagnies pétrolières, il mobilise des archives orales collectées par les universités américaines ainsi que des entretiens réalisés en 2020 avec certains experts actifs dans les années 1970.

⁶ Tim MITCHELL, *Carbon Democracy. Political Power in the Age of Oil*, Londres, Verso, 2011.

⁷ Vaclav SMIL, *Energy Transitions. History, Requirements, Prospects*, Santa Barbara, Praeger, 2010.

⁸ Jean-Baptiste FRESSOZ, « Pour une histoire des symbioses énergétiques et matérielles », *Annales des Mines*, n°101, 2021, p. 7-11. L'envers du récit de la transition est celui de la « persistance » d'énergies considérées comme traditionnelles. 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 ; Louis C. HUNTER, *History of Industrial Power in the United States, 1750-1930. Waterpower in the Century of Steam*, Charlottesville, University Press of Virginia, 1979 ; Serge BENOÎT, *D'eau et de feu : forges et énergie hydraulique, XVIIIe-XXe siècle. Une histoire singulière de l'industrialisation française*, Rennes, PUR, 2020 ; Daniel ROCHE, *La Culture équestre de l'Occident, XVIe-XIXe siècles*, vol. 1, *Le Cheval moteur*, Paris, Fayard, 2008 ; Eric BARATAY, *Bêtes de somme. Des animaux au service des hommes*, Paris, Le Seuil, 2010 ; Joel 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 », François JARRIGE et Alexis VRIGNON (dir.), *Face à la puissance. Une histoire des énergies alternatives à l'âge industriel*, Paris, La Découverte, 2020. C'est parce que le récit transitionniste domine que les thèses de David Edgerton sont iconoclastes cf. David EDGERTON, *Quoi de neuf? Une histoire globale des techniques au XXe siècle*, Le Seuil, 2012.

⁹ John R. BRADLEY, *Fuel and Power in the British Empire*, Washington, US department of Commerce, 1935.

¹⁰ Jenny ANDERSSON, *The Future of the World. Futurology, Futurists, and the Struggle for the Post-Cold War Imagination*, Oxford, Oxford University Press, 2018.

LE FUTUR ÉNERGÉTIQUE COMME PRÉSENT AGRANDI.

Etant donnée son omniprésence contemporaine, on a peine à se figurer combien, jusqu'aux années 1970, l'idée de transition énergétique semblait incongrue aux yeux de la plupart des experts. Economistes, géologues, ingénieurs n'anticipaient pas de substitution majeure à l'intérieur du mix énergétique. Ils se fondaient sur l'histoire : aux USA, depuis la fin du XIXe siècle, les consommations de charbon, de pétrole et d'hydroélectricité avaient cru conjointement. Certes, le charbon avait connu des accès de faiblesse dans les années 1930, ou au sortir de la seconde guerre mondiale, mais pour les spécialistes il s'agissait de phénomènes temporaires. Cette permanence prévisible du charbon explique la récurrence des alertes sur son épuisement : les conservationnistes américains se préoccupaient du très long terme, des stocks de houille dans trois siècles, signe que l'idée d'une transition prochaine vers une autre source d'énergie leur était étrangère¹¹.

Tout aussi révélateur, est l'agacement des experts de l'entre deux-guerres face aux discours tonitruants des industriels (et de certains intellectuels) sur « l'âge du pétrole » ou « l'âge de l'électricité », abrogeant le règne délétère de la houille¹². Le pétrole, dont on souligne toujours les réserves limitées par rapport au charbon, est décrit comme un simple « accélérateur du progrès »¹³ d'un monde industriel qui reste fondé sur le charbon. L'hydroélectricité se présente comme un moyen d'économiser du charbon, certainement pas comme sa relève. La houille est « la grande énergie de l'industrie moderne¹⁴ », ou « la base du monde des machines¹⁵ ». Si sa consommation avait diminué dans l'entre deux guerres c'était à cause de la crise bien sûr, mais aussi grâce à l'électrification : en mettant au rebut les machines à vapeur inefficaces, celle-ci avait permis d'économiser du charbon, tout en renforçant l'importance économique de celui-ci.

Cette perception de l'histoire et du futur de l'énergie comme dynamique d'accumulation est enfin bien visible dans les visualisations des mix énergétiques. Celles-ci apparaissent à la fin des années 1920, aux Etats-Unis, quand économistes et statisticiens commencent à représenter dans une courbe unique le charbon, le pétrole et l'hydroélectricité en les rapportant à une unité énergétique (généralement le British Thermal Unit généralement)¹⁶. Or ces graphiques qui prolifèrent dans la seconde moitié du XXe siècle représentent chaque source d'énergie en *valeur absolue* et non selon leur *contribution*

¹¹ Ian TYRRELL, *Crisis of Wasteful Nation, Empire and Conservation in Theodore Roosevelt's America*, Chicago, Chicago University Press, 2015, chapitre 5.

¹² Jean-Baptiste FRESSOZ, « 'The age of'. Du phasisme matériel dans l'histoire des techniques, *Revue d'histoire du XIXe siècle*, 2022, à paraître.

¹³ Chester GILBERT et Joseph POGE, *America's Power Resources*, New-York, The Century Co., 1921, p. 83.

¹⁴ Erich ZIMMERMAN, *World Resources and Industries*, New-York, Harper Brothers, 1933, p. 448

¹⁵ Edward JEFFREY, *Coal and civilization*, New-York Macmillan, 1925.

¹⁶ L'économiste Frederick G. Tryon est l'un des premiers à réaliser une telle statistique Cf. F.G. TRYON, « An Index of Consumption of Fuels and Water Power », *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 22, n° 159, 1927, pp. 271-282. Sur cet article important voir Antoine MISSEMER et Franck NADAUD, « Energy as a factor of production: Historical roots in the American institutionalist context », *Energy Economics*, 86, 2020.

relative au mix. Ils donnent ainsi à voir la nature fondamentalement cumulative de l'histoire énergétique. En outre, l'échelle des ordonnées est souvent logarithmique ce qui permet par exemple de représenter ensemble le charbon et le bois et de constater la stabilité de l'usage énergétique de ce dernier sur un siècle et demi¹⁷.

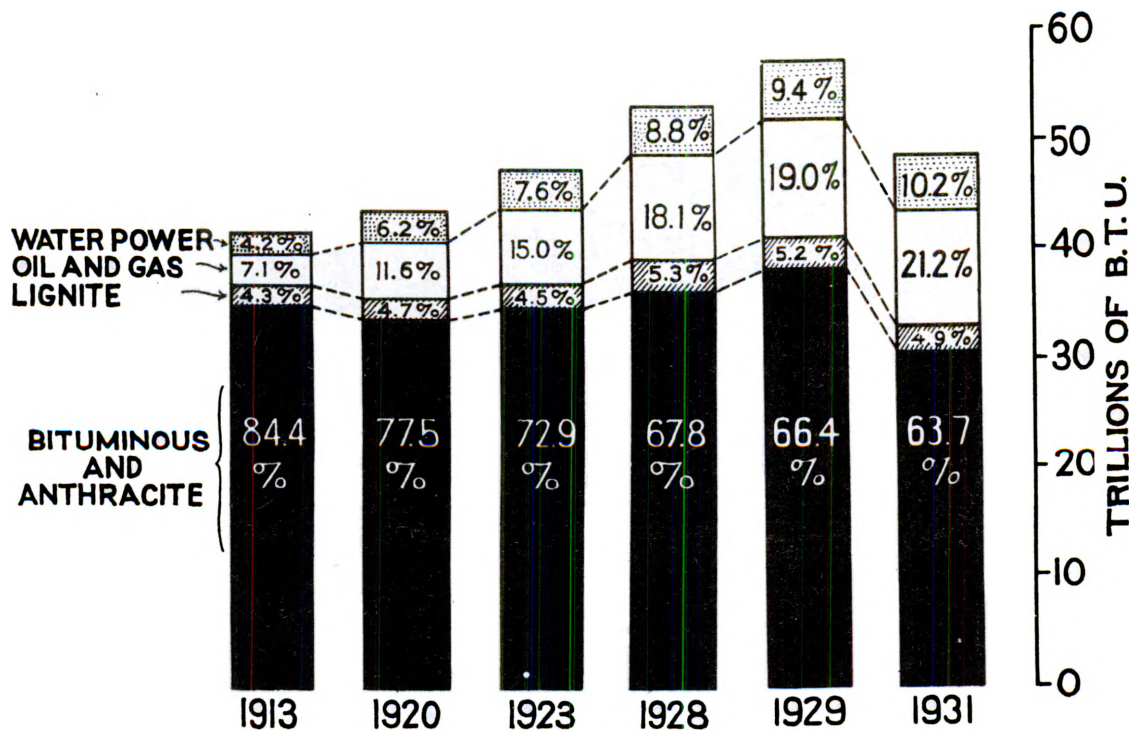


Figure 6.- Trend of the world's consumption of energy, 1913 to 1931

figure 1. Une des premières représentations du mix énergétique mondial.

Scott Turner, *The mineral industry*, US Bureau of mines, 1932.

Le nucléaire ne change pas *en général* cette vision des choses. Malgré l'intense propagande sur l'entrée dans un « âge atomique », les économistes demeurent sceptiques. En 1950, la Commission Cowles de l'université de Chicago publie un gros rapport sur l'impact économique de l'atome. Ce livre ne laisse aucune pierre non retournée : l'opportunité du nucléaire est évaluée secteur par secteur et comparée aux alternatives. Conclusion : le recours à l'énergie atomique n'est pas « révolutionnaire » ni même

¹⁷ Un exemple entre cent : Hoyt C. Hotel, *New Energy Technology, Some facts and Assessments*, Cambridge, MIT Press, 1971. Quand en 1960 les économistes Sam Schurr et Bruce Netschert dans leur livre fondateur proposent de manière *très originale* un diagramme à aires, donnant à voir l'évolution des parts relatives de chaque source d'énergie dans le mix américain depuis 1850, ils mettent en garde contre l'illusion ainsi produite : le bois-énergie paraît disparaître, écrasé par le pétrole et le charbon, mais sa consommation aux Etats-Unis en 1960 reste massive (environ 50% de son pic de 1900). De même pour la consommation de charbon qui demeure proche du maximum (local) de 1946. Cf. Sam SCHURR et Bruce NETSCHERT, *Energy In The American Economy, 1850-1975*, Baltimore, John Hopkins University Press, 1960, p. 37-41.

compétitif. Il n'augmenterait qu'à la marge (2%) le PNB américain à long terme¹⁸. Les rapports confirmant ce diagnostic s'accumulent dans les années suivantes. Les industriels aussi sont réticents face aux investissements à réaliser et face au risque de développement. Concernant l'électricité, les deux-tiers de son coût provenant de la distribution et non de la production, l'atome ne leur paraît pas changer grand chose. Comme le reconnaît (en secret) le directeur de l'*Atomic Energy Commission* lui-même : « En termes économiques, nous n'avons pas besoin du nucléaire »¹⁹. De toutes façons, si l'électricité nucléaire devait voir le jour, il est probable qu'elle ne ferait que se *surajouter* à celle produite par des fossiles²⁰. La commission dirigée par le sénateur William Paley, chargée d'évaluer le futur des ressources naturelles américaines, considère l'atome comme « une addition précieuse aux autres énergies »²¹ ». Certes, le mix se modifiera mais « chacune des énergies continuera de croître considérablement²² ». Même au sein d'*Atom for Peace*, le Comité sur l'électricité conclut que le nucléaire « n'aura aucun effet disruptif sur les carburants conventionnels »²³.

Les promoteurs des renouvelables se montrent tout aussi prudents : le solaire et l'éolien ne pourront, même dans un futur lointain, être compétitif face au charbon dans l'industrie, la sidérurgie, les engrais, les cimenteries ou remplacer le pétrole pour les transports. Le physicien Farrington Daniels, un ancien haut responsable du projet Manhattan qui après guerre devient un pionnier du solaire reconnaît « qu'il ne faut pas attendre trop et trop tôt » de cette énergie²⁴. Un livre au titre emphatique, *The Coming Age of Solar Energy* (1963), se montre en fait mesuré quant au poids futur du solaire²⁵. Les renouvelables sont plutôt décrites comme des énergies d'appoint, satisfaisant des usages domestiques (chaleur) ou bien des technologies « appropriées » pour le Tiers-Monde. C'est la conclusion à laquelle aboutissent les 500 scientifiques conviés à Rome en août 1961 par l'ONU pour discuter du futur des renouvelables : le solaire et l'éolien seront utiles dans les campagnes des pays pauvres pour l'irrigation ou les télécommunications²⁶. Dans leurs prospectives, les promoteurs du solaire, à l'instar de Leon P. Gaucher, n'anticipent pas de substitution majeure : les renouvelables ne feraient que s'ajouter au feuilleté historique des énergies

¹⁸ Sam SCHURR et Jacob MARSHAK, *Economic Aspect of Nuclear Energy*, Princeton University Press, 1950, p. 247. Y participent les futurs prix Nobel d'économie Herbert Simon et Tjalling Koopmans. Warren YOUNG, *Atomic Energy Costing*, New-York, Springer, 1998, p. 9-19

¹⁹ Brian BALOGH, *Chain Reaction. Expert debate and Public Participation in American Commercial Nuclear Power, 1945-1975*, Cambridge University Press, 1991, p. 178.

²⁰ Farrington DANIELS, *Factors involved in the production of Atomic Power*, Oak Ridge Operations, 1947.

²¹ President's Material Policy Commission, *Resources for Freedom*, 1952, vol. 1, p. 122. La commission s'inquiète même que l'industrie nucléaire devienne un important consommateur d'électricité. *Resources for Freedom*, vol. III, p. 39

²² *Resources for Freedom*, vol. 1, p. 127

²³ Joint Committee on Peaceful Use of Atomic Energy, *Report of the Panel on the Impact of the Peaceful Uses of Energy*, vol. 1, janvier 1956, p. 3.

²⁴ Farrington DANIELS, *Direct use of the sun's energy*, New Haven, Yale University Press, 1964, p. 9.

²⁵ D.S. HALACY, *The Coming Age of Solar Energy*, New-York, Washington Square Press, 1963.

²⁶ Nations Unies, *Sources nouvelles d'énergie, Rome 21-31 août*, New-York, 1961, p. 5, 9.

primaires. En somme, avant les années 1970, pour tous les spécialistes, le futur énergétique est envisagé comme un présent agrandi.

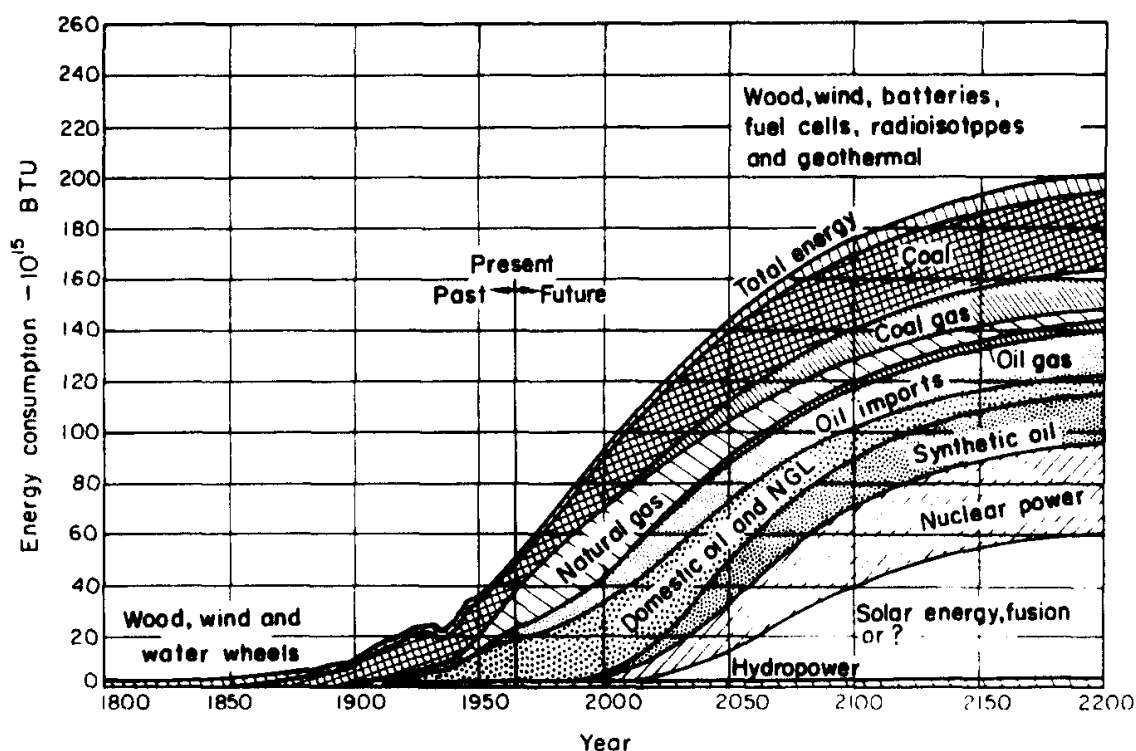


Fig. 1. Energy sources in the United States.

figure 2. Le futur énergétique comme présent agrandi.

Leon P. Gaucher, « Energy Requirements of the future », *Solar Energy*, 1972, vol. 14, p. 5-10.

LES MALTHUSIENS ATOMIQUES.

En 1970, pour commémorer le vingt-cinquième anniversaire de Trinity, le patron de l'*Atomic Energy Commission* Glen Seaborg imaginait le monde en 1995. Surgénérateurs par milliers, premiers pas de la fusion nucléaire et colonie lunaire atomique : le chemin parcouru depuis Los Alamos poussait à l'optimisme. Des satellites nucléaires couronnaient le tout : formant un réseau global de communication, ils permettraient de diffuser partout sur la Terre la campagne de contrôle des naissances chère aux néo-malthusiens américains²⁷. L'utopie de Seaborg reflète la rencontre de deux imaginaires : celui de Malthus et celui de « l'âge atomique ». Ces deux imaginaires, celui de l'effondrement et celui de la technophilie nucléaire ne sont pas contradictoires : ils se sont alimentés l'un l'autre et ont donné naissance à la futurologie de la transition énergétique.

Au sortir de la seconde guerre mondiale, malgré la croissance considérable des rendements agricoles (aux Etats-Unis celui du maïs double entre 1930 et 1950), la pensée

²⁷ Glen T. SEABORG, « Our Nuclear Future, 1995 », *Bulletin of Atomic Scientists*, vol. 26, n°6, 1970, p. 7-14.

néomalthusienne demeure très influente²⁸. L'inquiétude s'est déplacé : pour les pays riches, la limite est moins pensée en surface et en nourriture qu'en réserves énergétiques. L'énergie est conçue comme la « ressource naturelle ultime », la seule « qui n'ait pas de substitut²⁹ ». Avec elle tout est possible : fabriquer des engrais azotés et fertiliser les sols, désaliniser l'eau des océans et irriguer des terres arides, extraire des minerais et les raffiner, recycler les métaux et protéger l'environnement³⁰. Cette vision est portée par des savants atomistes comme Glen Seaborg, Hans Bethe, Eugene Wigner, Alvin Weinberg ou Harrison Brown, qui pour la plupart ont travaillé pendant la guerre au *Metallurgical Laboratory* de Chicago. Sous l'égide d'Enrico Fermi, ils ont oeuvré à la conception de la première pile nucléaire. Au sortir de la guerre, ils sont persuadés que le nucléaire, parce qu'il pourrait augmenter la capacité de charge de la planète, représente l'échappatoire essentiel au piège malthusien.

Mais pas n'importe quel nucléaire. Dans les années 1950 les estimations des réserves mondiales d'uranium sont limitées, trop limitées pour alimenter la civilisation industrielle sur le long terme. Pour que l'atome ait un avenir, autre que militaire, il faut qu'il échappe lui-même à la malédiction des ressources³¹. Les anciens du *Met Lab* pensent détenir la solution : le réacteur à neutrons rapides, ou « breeder reactor ». Alvin Weinberg rapporte l'émotion qui règne au Met Lab en 1943 quand ses collègues Walter Zinn et Phil Morrison exposent les premiers calculs de rendement : les réacteurs à neutrons rapides brûlant 99% de l'uranium, ils semblent ouvrir un avenir énergétique sans fin à l'humanité³². Dès 1947, l'*Atomic Energy Commission* et General Electric se lancent dans la construction d'un surgénérateur. Le programme, dirigé par Hans Bethe et Walter Zinn, aboutira en 1951 à la construction du prototype EBR-1³³. Comme Weinberg le confiera dans son autobiographie : « je devins obsédé par cette idée que tout le futur de l'humanité dépendait du surgénérateur³⁴ ». C'est la raison pour laquelle les comptes d'apothicaires des économistes

²⁸ Bjorn-Ola LINNÉR, *The Return of Malthus: Environmentalism and Post-War Population-Resource Crises*, White Horse Press, 2003 ; Thomas ROBERTSON, *The Malthusian Moment. Global population growth and the Birth of Environmentalism*, Rutgers University Press, 2012 ; Alison BASHFORD, *Global Population. History, Geopolitics and Life on Earth*, New York, Columbia University Press, 2014.

²⁹ Charles Galton DARWIN, *The Next Million Years*, Garden City, Double Day, 1953, p. 66.

³⁰ Alvin WEINBERG, « Energy as an ultimate raw material. Burning the sea and burning the rocks », *Physics Today*, vol. 12, 1959, p. 18-25 ; A. WEINBERG et Philip HAMMOND, « The limit to population set by energy is extremely large, provided that the breeder reactor is developed », *American Scientist*, vol. 58, n°4, 1970, p. 412-418 ; H. E. GOELLER and A. WEINBERG, « The Age of Substitutability », *The American Economic Review*, vol. 68, n°6, 1978, p. 1-11.

³¹ Gabrielle HECHT, *Being Nuclear. Africans and the Global Uranium Trade*, Cambridge MA, MIT Press, 2012, p. 61-68 ; Richard RHODES, *Energy. A Human history*, New-York, Simon & Schuster, 2018, chapitre 17.

³² A. WEINBERG, « Burning the Rocks, forty years later », Kirk Smith ed., *Earth And The Human Future: Essays In Honor Of Harrison Brown*, Westview Press, 1986, p. 110.

³³ Interview de Hans Bethe, 8 mai 1972, American Institute of Physics, www.aip.org/history-programs/niels-bohr-library/oral-histories/4504-3 (consulté le 10 avril 2020). Richard HEWLETT et Oscar ANDERSON, *A history of the United States Atomic Energy Commission*, Washington, U.S. Atomic Energy Commission, 1972, chapitre 17.

³⁴ A. WEINBERG, *The First Nuclear Era: The Life and Times of a Technological Fixer*, American Institute of Physics, 1994, p. 129. Sean F. Johnston, « Alvin Weinberg and the Promotion of the Technological Fix », *Technology and Culture*, vol. 59, n°3, 2018, p. 620-651.

irritent les savants atomistes : la question du nucléaire n'est pas économique, elle est existentielle. Son but n'est pas d'être compétitif face au charbon quand celui-ci est encore abondant, mais de le remplacer quand il deviendra rare. « Une transition vers une économie nucléaire » écrit Wigner en 1960 est à terme inexorable. C'est pour accompagner ce projet que l'AEC organise la production d'une impressionnante futurologie scientifique. Son but : démontrer l'intérêt d'investir de l'argent public dans une technique qui deviendra économiquement utile à l'horizon du siècle.

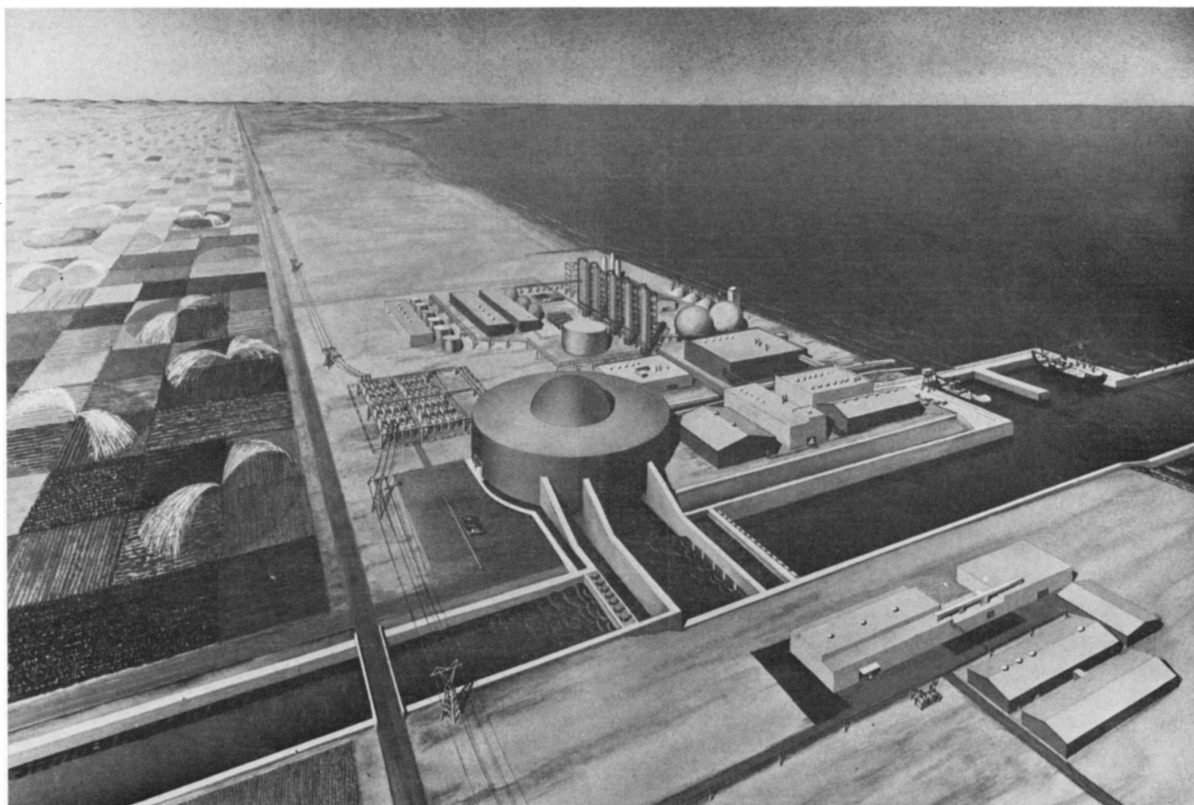


Figure 2. Artist's conception of an agro-industrial complex of the future, in which the energy of the atom is used to transform an arid desert region into productive farms and cities by supplying water, fertilizer, industrial chemicals, metals, etc. The usable portion of the earth's surface could be more than doubled in this way.

figure 3. Alvin M. Weinberg and R. Philip Hammond, « The limit to population set by energy is extremely large, provided that the breeder reactor is developed », *American Scientist*, vol. 58, n°4, p. 412-418

En 1949, l'AEC commande un rapport à Palmer Cosslett Putnam. Cet ingénieur, formé à la géologie au MIT, pionnier de l'éolien de grande taille, travaillait déjà pour la Commission du sénateur Paley. Mais alors que cette dernière s'était montrée réservée sur l'intérêt du nucléaire civil, le rapport *Energy in the Future* (1953) est entièrement construit pour démontrer son absolue nécessité³⁵. Trois arguments sont avancés : la demande croissante d'énergie due au développement économique et à la croissance démographique, l'épuisement du pétrole mais aussi du charbon d'ici un siècle, et enfin le réchauffement climatique auquel un chapitre est consacré.

³⁵ Palmer Cosslett PUTNAM, *Energy in the Future*, New York, Van Nostrand, 1953. Putnam estime que les renouvelables du fait de leur intermittence et de leur caractère diffus demeureront une énergie d'appoint. Cf Putnam, op. cit., p. 214-215. L'AEC continuera de publier des prospectives énergétiques globales mais de moindre ampleur que celles de Putnam Cf. Milton SEARL, *Fossil Fuels in the Future*, AEC, 1960.

Cette alerte climatique, réellement précoce, se comprend parfaitement quand on sait que les premiers travaux sur le sujet sont tous réalisés par des savants atomistes, souvent anciens du *Met Lab* de Chicago, et souvent financés par l'AEC. Putnam tient ainsi ses informations climatologiques du physicien canadien Gilbert Plass et celles sur le cycle du carbone d'Eugene Rabinowitch : deux anciens du *Met Lab*. En 1953, Harrison Brown vétéran du même laboratoire étudie l'évolution du carbone atmosphérique à partir de l'analyse isotopique des cernes des arbres avec un financement de l'AEC³⁶. La même année, Charles Keeling débute un postdoc à Caltech sous la supervision de Brown : d'abord sur un sujet lié à l'énergie atomique (l'extraction chimique de l'uranium du granit), avant de dévier, à l'instigation de Brown, vers l'étude de la dissolution du CO₂ dans l'océan. Il sera l'auteur de la fameuse courbe éponyme retraçant la croissance ininterrompue de la concentration de CO₂ dans l'atmosphère. C'est aussi l'AEC qui finance les recherches déterminantes de Roger Revelle sur l'absorption du CO₂ par les océans, en partie car ces derniers pourraient servir d'exutoires aux déchets nucléaires³⁷. Les historiens des sciences ont souligné les liens existant entre la guerre froide, les sciences de l'environnement physique et l'émergence du diagnostic du changement climatique³⁸. On peut aussi ajouter qu'au début des années 1950 le réchauffement climatique est surtout abordé par des savants atomistes en tant qu'argument supplémentaire en faveur du développement du nucléaire civil³⁹.

La seconde originalité du livre de Putnam réside dans son approche historique. Il fonde une estimation de la demande future sur une histoire quantitative mondiale de l'énergie inédite et très différente des récits classiques sur le charbon et la révolution industrielle. Pour ne pas surestimer les taux de croissance passés, Putnam prend soin de quantifier l'usage des énergies dites traditionnelles (bois, eau et résidus agricoles) dont il fournit, à ma connaissance, la première histoire globale depuis 1850. L'Inde apparaît ainsi comme la première productrice d'énergie jusqu'en 1830 avant d'être dépassée non pas par l'Angleterre du charbon mais par les Etats-Unis du bois. A partir de taux de croissance historique, Putnam prédit le futur : en l'an 2000, le monde consommera 10 fois plus d'énergie qu'en 1950 et 28 fois plus en 2050 —une estimation environ deux fois trop élevée pour ce qui concerne l'an 2000 et qui tient surtout à l'hypothèse du rattrapage économique des pays pauvres. A à ce rythme là, les réserves de fossiles ne suffisent pas à passer le milieu

³⁶ Interview de Samuel EPSTEIN, janvier 1986, Caltech Oral History Archives (<https://oralhistories.library.caltech.edu/>) accédé le 2 janvier novembre 2020). Il approche aussi l'*American Petroleum Institute* pour financer ses travaux. Ben FRANTA, « Early oil industry knowledge of CO₂ and global warming », *Nature Climate Change*, 2018, vol. 8, p. 1024–1025.

³⁷ Spencer WEART, *The Discovery of Global Warming*, Cambridge MA, Harvard University Press, 2003 p. 28 ; Jacob Darwin HAMBLIN, *Poison in the Well Radioactive Waste in the Oceans at the Dawn of the Nuclear Age*, New Brunswick, Rutgers University Press, 2008, chapitre 3.

³⁸ Ron DOEL, « Quelle place pour les sciences de l'environnement physique dans l'histoire environnementale ? », *Revue d'histoire moderne et contemporaine*, 2009, vol. 4, n°56-4, p. 137-164 ; Paul EDWARDS, *A Vast Machine*, Cambridge MA, MIT Press, 2010.

³⁹ La conférence que donne Edward Teller en 1959 à Columbia pour le centenaire de l'*American Petroleum Institute* ne traite que brièvement du changement climatique et plus longuement des surgénérateurs. Cf Edward TELLER, « Energy patterns of the Future », Allan NEVIS et al., *Energy and man : a symposium*, New-York, Appleton, 1960, p. 55-72.

du XX^e siècle. Une « transition vers le nucléaire » conclut-il est tout simplement inévitable⁴⁰.

L'expression précise de « transition énergétique » apparaît plus tardivement, en 1967, sous la plume de Harrison Brown. Brown est un chimiste, ancien du *Metallurgical Laboratory*, géo-chimiste à Caltech à partir de 1951. C'est aussi une figure célèbre du mouvement néo-malthusien américain. En 1955, il participe à la conférence *Man's Role in Changing the Face of the Earth* ; l'année suivante il crée avec Aldous Huxley et Kingsley Davis le *Think tank* « Population limited » ; il est aussi membre du *Population Council* un autre groupe néo-malthusien richement doté par le milliardaire John Rockefeller III⁴¹. Son livre le plus connu, *Challenge of Man's Future* (1954), porte sur les ressources. Brown en est convaincu, leur raréfaction pourrait conduire à la troisième guerre mondiale, guerre dont l'humanité ne se relèverait pas faute de ressources de bonne qualité encore disponibles. Une voie de salut existe néanmoins : il faut opérer une « transition » vers le nucléaire⁴². Si l'humanité y parvient, l'énergie ne sera plus un facteur limitant. En 1955, lors de la conférence inaugurale du programme *Atom for Peace* qui se tient à Genève, la question des réserves fossiles et la nécessité de développer à terme l'énergie atomique revient souvent dans les discussions⁴³. Brown propose des calculs frappants, typiques des néomalthusiens de l'entre-deux guerres, sur la capacité de charge planétaire à l'âge atomique. Sa conclusion : sept milliards d'humains pourraient vivre « à l'américaine » durant des milliers d'années grâce à 17 000 réacteurs à neutrons rapides brûlant l'uranium contenu dans le granit ou celui dissout dans l'eau des océans⁴⁴. La Terre pourrait même subvenir aux besoins de 200 milliards d'humains, mais elle ressemblerait alors à « une vache morte couverte d'une masse grouillante d'asticots »⁴⁵.

Dans les années 60, Brown s'occupe surtout de coopération scientifique internationale à l'Académie américaine des sciences. Sous la présidence Johnson, la « transition démographique » est devenue un objectif stratégique, la clé pour gagner la

⁴⁰ Putnam introduit une nouvelle unité le « Q » (équivalent à 10¹⁸ BTU). En 1947 le monde consomme 0,1 Q/an ; il consommera 1 Q/an en 2000 et donc au moins 100 Q pendant le XX^e siècle. Or les réserves mondiales de charbon sont estimées à 60Q par les géologues. Ces estimations sont critiquées par SCHURR et NETSCHERT, *Energy in the American Economy*, op. cit., p. 344.

⁴¹ Matthew CONNELLY, *Fatal Misconception. The struggle to control World Population*, Cambridge MA, Harvard University Press, 2008, p. 188. Sur Brown on pourra consulter Roger REVELLE, *Harrison Brown 1917-1986*, Washington, National Academy of Science, 1994 ainsi que les archives d'histoire orale de Caltech (<https://oralhistories.library.caltech.edu/>) en particulier les entretiens de Rud Brown, James Bonner, Alan Sweezy, Samuel Epstein.

⁴² H. BROWN, *Challenge of Man's Future*, New-York, Viking Press, 1954. Brown envisage un mix essentiellement nucléaire avec un appoint de solaire. Le charbon servirait comme matière première aux carburants synthétiques. Cf H. BROWN et al., *The Next Hundred Years*, New-York, Viking Press, 1953, p. 113.

⁴³ John KRIGE, « Atoms for Peace, Scientific Internationalism, and Scientific Intelligence », *Osiris*, vol. 21, n°1, 2006, p. 161-181

⁴⁴ H. BROWN et L.T. SILVER, « The Possibilities of Securing Long Range Supplies of Uranium, Thorium and Other Substances from Igneous Rocks », *Proceedings of the International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy*, 1955, vol. 8. p. 129-132.

⁴⁵ BROWN, *Challenge of Man's Future*, op. cit., p. 221.

guerre froide. Avec des subsides du département d'Etat, Brown monte à Caltech un programme qui, une décennie durant, enverra ses experts à travers le Tiers-monde pour plaider le contrôle des naissances. Et c'est en novembre 1967, lors d'une conférence qui rassemble l'élite des néomalthusiens qu'il invente l'expression de « transition énergétique⁴⁶ ». L'inspiration provient de l'article célèbre de 1945 de Kinglsey Davis sur la « transition démographique ». De même que la première « transition énergétique », celle de la révolution industrielle, avait accru la capacité de charge de la planète (c'était l'hypothèse de Davis), la seconde, à savoir le nucléaire modifiera les paramètres de la question démographique. Brown a en tête le programme *Water for peace* caressé un temps par l'administration Johnson : résoudre la question du Moyen-Orient en faisant fleurir le désert grâce à des usines de désalinisation et d'engrais fonctionnant au nucléaire. Une source d'énergie quasi-illimitée permettrait de transformer les vastes étendues arides du globe en riches terres agricoles⁴⁷. Brown reprenait un terme de physique nucléaire —son premier domaine d'expertise— l'érigéait en analogue de la « transition démographique » et en faisait la clé du futur de l'humanité.

Le troisième scientifique clé du néo-malthusianisme atomique n'est autre que Marion King Hubbert, géologue chez Shell et célèbre théoricien du pic du pétrole⁴⁸. Ses liens avec le nucléaire remontent à 1955, quand l'*Atomic Energy Commission* explore différentes options pour se débarrasser de ses déchets. Parmi les pistes explorées : verser les résidus liquides radioactifs dans des puits de pétrole abandonnés⁴⁹. C'est pour cette raison que l'AEC recrute Hubbert⁵⁰. Son expertise géologique justifiait ce choix mais Hubbert intéresse l'AEC à un autre titre : depuis 1949, il s'est fait connaître pour des estimations de réserves pétrolières plus basses que celles de l'industrie. Et, à compter de cette date, toutes ses publications sur le pic pétrolier sont liées à la promotion du nucléaire. En 1956, dans la conférence annuelle de l'*American Petroleum Institute*, il reprend le travail de Brown et actualise celui de Putnam pour mettre en balance les quantités d'énergie radicalement différentes contenues dans les fossiles d'une part et dans l'uranium de l'autre⁵¹. Considérés

⁴⁶ BROWN, « Population, Food and the Energy Transition », S.J. SHERMAN (ed.), *Fertility and Family Planning. A World View*, Ann Arbor, University of Michigan Press, 1967, p. 180-188. Participent entre autres John Rockefeller III, Frank Notestein et Simon Kuznets.

⁴⁷ Jacob Darwin HAMLIN, « An American Miracle in the Desert Environmental Crisis and Nuclear-Powered Desalination in the Middle East », in Astrid MIGNON KIRCHHOFF and John MC NEILL (dir.), *Nature and the Iron Curtain, 1945–1990*, Pittsburgh, Pittsburgh University Press, 2019, p. 205-218

⁴⁸ Sur Hubbert voir les entretiens réalisés par l'historien Ron DOEL (<https://www.aip.org/history-programs/niels-bohr-library/oral-histories/5031-5> accédé mars 2020) et à la biographie de Mason INMAN, *The Oracle of Oil, A Maverick Geologist's Quest for a Sustainable Future*, New-York, Norton, 2016. Tyler Priest, « Hubbert's Peak », *Historical Studies in the Natural Sciences*, Vol. 44, n°1, 2014, p. 37-79.

⁴⁹ Joint Committee on Atomic Energy, *Industrial Radioactive Waste Disposal*, 1959, vol. 3, p. 2036-2086.

⁵⁰ D'autres options sont explorées : les océans, les dômes de sel, les calottes glaciaires, l'espace. William ALLEY et Rosemarie ALLEY, *Too Hot to Touch. The Problem of High-Level Nuclear Waste*, Cambridge, Cambridge University Press, 2012. Sur les liens parfois conflictuels entre l'AEC et Hubbert voir l'entretien 5 de Ron Doel. <https://www.aip.org/history-programs/niels-bohr-library/oral-histories/5031-5>

⁵¹ Putnam avait déjà montré que les gisements de pétrole devenaient plus petits malgré des puits plus profonds. Le pic du pétrole aurait lieu dès 1960, celui du charbon autour de 1990. PUTNAM, *Energy in the Future*, op. cit., p. 169-252.

à l'échelle de l'histoire humaine, les premiers ne paraîtront « qu'un événement éphémère » écrit Hubbert. A l'inverse, l'uranium offre un futur énergétique presque éternel à l'humanité. Encore faut-il parvenir à développer les surgénérateurs avant les deux catastrophes que représentent la guerre atomique et l'explosion démographique : on retrouve précisément les arguments de Brown⁵². C'est à ce moment qu'apparaît l'idée d'un « pic ». L'expression vient d'une forme graphique originale : les fossiles (et pas seulement le pétrole) forment un pic frêle, mais c'est parce qu'ils sont mis au regard du plateau énergétique illimité auquel les surgénérateurs permettraient d'accéder.

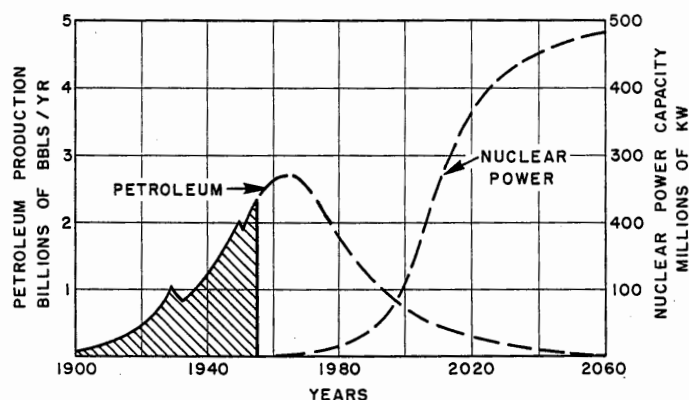


Figure 29 - Concurrent decline of petroleum production and rise of production of nuclear power in the United States. Growth rate of 10 percent per year for nuclear power is assumed; actual rate may be twice this amount.

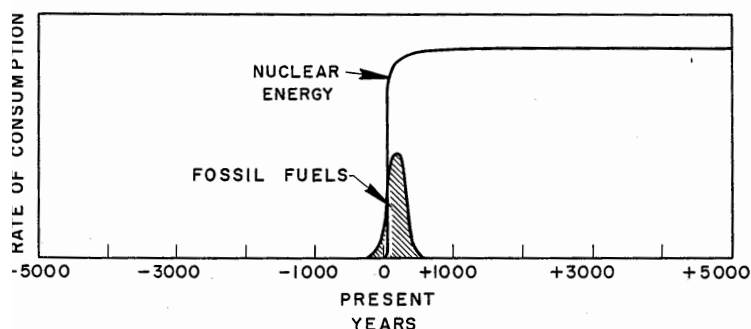


Figure 30 - Relative magnitudes of possible fossil-fuel and nuclear-energy consumption seen in time perspective of minus to plus 5000 years.

figure 4. M.K. Hubbert, « Nuclear Energy and the Fossil Fuels », Shell Development Company, n°95, 1956.

Hubbert devient un personnage clé du lobbying scientifique de l'AEC. En 1962, il rédige pour l'Académie américaine des sciences une estimation plus fine du pic pétrolier en

⁵² Marion K. HUBBERT, « Nuclear Energy and the Fossil Fuels », Shell Development Company, n°95, 1956. Hubbert explique qu'avant la conférence de Brown à Genève il ne voyait pas d'intérêt dans le nucléaire du fait des ressources limitées d'uranium. <https://www.aip.org/history-programs/niels-bohr-library/oral-histories/5031-5>

recourant à l'outil de prédiction classique chez les néo-malthusiens : la courbe logistique⁵³. La somme cumulée des découvertes de pétrole sur le sol américain depuis 1865 suit une telle courbe en S : une croissance rapide, un point d'inflexion (déjà franchi) et une tendance vers l'asymptote. Comme la production suit de quelques années les découvertes, Hubbert en déduit que le pic pétrolier américain aura lieu vers 1970. Ce rapport est à la base de celui officiel que l'AEC remet à John F. Kennedy la même année : l'Etat doit absolument financer le programme de surgénérateur pour faire face à l'épuisement des fossiles et pour que la « transition ne se fasse pas soudainement »⁵⁴. L'année suivante, Hubbert est invité à développer sa théorie devant le « Joint Committee » (congrès et sénat) sur l'énergie atomique⁵⁵. Enfin, en 1969, il rédige le chapitre sur l'énergie d'un rapport très influent de l'Académie des sciences intitulé *Resources and Man*. L'AEC est alors en pleine opération de lobbying pour financer son programme, coûteux et contesté, de surgénérateurs et Hubbert montre la nécessité vitale, pour préserver l'uranium sur le long terme, d'opérer dès que possible la « transition vers les surgénérateurs ». « Ne pas réaliser cette transition constituerait l'un des plus grands désastres de l'histoire humaine⁵⁶ ». Le théoricien du pic aura décidément bien servi la cause nucléaire.

L'INVENTION DE LA « CRISE ÉNERGÉTIQUE ».

Le pétrole est au centre des histoires de la « crise énergétique » des années 1970 : monopole des *majors pétrolières* qui souhaitent augmenter leurs marges ; pic du pétrole conventionnel américain ; embargo arabe de 1973⁵⁷. Pourtant, l'expression de « crise énergétique » apparaît dans l'espace public dès 1969, bien avant le choc pétrolier. Et elle ne

⁵³ HUBBERT, *Energy Resources*, Washington, National Academy of Science, 1962. Sur l'importance de la courbe logistique Sharon KINGSLAND, *Modeling Nature*, Chicago, Chicago University Press, 1986. Depuis que le biologiste américain Raymond Pearl l'avait découverte en étudiant la croissance du nombre de mouches dans un bocal, les prédictions logistiques avaient largement essaimé au delà de la démographie. Dès 1925, l'*American Petroleum Institute* s'en sert pour prédire la consommation américaine de pétrole jusqu'en 1975. Cf. *American Petroleum Supply and Demand*, New-York, Mc Graw-Hill, 1925. Garrett Hardin, célèbre pour avoir théorisé la « tragédie des communs » raisonne aussi à partir de cette courbe. Cf. Fabien LOCHER, « Les pâturages de la Guerre froide : Garrett Hardin et la 'Tragédie des communs' », *Revue d'histoire moderne & contemporaine*, 2013, n°60-1, p. 7-36.

⁵⁴ A.E.C., *Civilian Nuclear Power. A Report to the President*, novembre 1962, p. 19.

⁵⁵ Joint Committee on Atomic Energy, *Hearings*, 9, 10 avril et 2 mai 1963, Washington, US Gouvernement Printing Office, 1963, p. 168-188. Sur la supervision limitée qu'assure ce comité voir Balogh, *Chain Reaction...*, *op. cit.*, p. 66-83.

⁵⁶ National Academy of Science, National Research Council, *Resources and man. A study and Recommendations*, San Francisco, W. H. Freeman, 1969, p. 228

⁵⁷ Meg JACOBS, *Panic at the Pump. The Energy Crisis and the Transformation of American Politics in the 1970s*, New-York, Bill & Wang, 2016. La thèse qui domine à l'époque est celle d'une crise artificielle provoquée par les *majors pétrolières*. Cf. James RIDGEWAY, *The Last Play. The Struggle to Monopolize the World's Energy Resources*, New York, E.P. Dutton, 1973 ; Robert SHERRILL, *The Oil Follies of 1970-1980. How the Petroleum Industry Stole the Show*, Garden City, N.Y. : Anchor Press/Doubleday, 1983 ; Bruce NETSCHERT, « The Energy Company : a Monopoly Trend in the Energy Markets », *Bulletin of Atomic Scientists*, octobre 1971, p. 13-18 ; J. STORK, *Middle East oil and the energy crisis*, New York, Monthly Review Press 1975 ; Tim MITCHELL, *Carbon Democracy*, Londres, Verso, chapitre 7.

concerne alors ni le pétrole, ni les importations, mais la production électrique et donc le charbon et dans une moindre mesure le gaz.

La décennie 1960 est marquée par une série de « black-outs », le plus célèbre étant celui de New-York de novembre 1965⁵⁸. Dans la presse, l'interprétation néo-malthusienne est absente ou rapidement balayée. Les difficultés d'approvisionnement ont des causes bien identifiées : les compagnies minières préfèrent exporter le coke sidérurgique plus rémunérateur vers le Japon et l'Europe ; les grèves de 1968 dans les mines réduisent les inventaires de charbon ; l'accroissement des normes environnementales (sur le dioxyde de soufre) obligent à renoncer à certains gisements ; les règles sanitaires (sur les poussières) imposent des investissements qui diminuent la rentabilité de actifs miniers ; les centrales atomiques ont pris du retard ; les majors pétrolières qui ont racheté des compagnies minières souhaitent augmenter leurs marges ; enfin, concernant le gaz, elles rechignent à l'exploiter au prix fixé par la *Federal Power Commission*.

Le lobby nucléaire exploite la situation : les coupures de courant sont le signe d'un problème plus profond, malthusien, celui d'une « crise énergétique ». Et celle-ci appelle une solution radicale que seul le nucléaire peut fournir. Durant l'été 1969, l'expression « crise énergétique » apparaît dans les documents internes de l'AEC. Il s'agit au départ d'un élément de langage contre le mouvement antinucléaire dont la guérilla judiciaire ralentit les procédures d'autorisation des centrales⁵⁹. Une note explique par exemple qu'il faut à la fois « éduquer le public » sur les risques des radiations et surtout les mettre en balance avec le risque, réel celui-ci, de « crise énergétique⁶⁰ ». Le 15 octobre 1969, James Ramey, un haut responsable de l'AEC prononce un discours devant l'association du Barreau fédéral : les actions juridiques contre les centrales menacent la nation d'une « crise énergétique » et les juristes doivent prendre leurs responsabilités⁶¹. Le journal *Science* reprend l'argument : les environmentalistes sont responsables de la crise énergétique mais ils en seront aussi les premières victimes car « quand l'air conditionné et les télévisions s'arrêteront le public se dira 'au diable l'environnement donnez-moi l'abondance' ». ⁶² Le discours de la crise énergétique fait partie de « l'ecological backlash » que le *New-York Times* remarque dès le lendemain du premier *Earth Day*. C'est par exemple Philip Handler, le président de l'Académie des sciences (où officient Brown et Hubbert) qui insiste sur le décalage entre les deux crises : celle de l'environnement, lointaine, mais dont les médias se repaissent et celle de l'énergie, invisible, mais qui frappe déjà à la porte. De manière plus directe le *Oil and Gas Journal* explique qu'il est temps « de siffler la fin des délires des

⁵⁸ David NYE, *When Light Goes Out. A History of Blackouts in America*, Boston, MIT Press, 2010, chapitre 4.

⁵⁹ Sur les mobilisations antinucléaires cf. BALOGH, *Chain Reaction*, *op. cit.*, p. 221-301.

⁶⁰ Joint Committee on Atomic Energy, *Selected materials on environmental effects of producing electric power*, Washington, vol. 1, US Government Printing Office, juin 1969, p. 26.

⁶¹ Joint Committee On Atomic Energy, *Hearings, Environmental effects of producing electric power*, 27 janvier-26 février 1970, vol. 2, Washington, U.S. Government Printing Office, 1970, p. 2318-2339.

⁶² Philip M. BOFFEY, « Energy Crisis : Environmental Issue Exacerbates Power Supply Problem », *Science*, vol. 168, n° 3939, 26 Juin 1970, p. 1554-1559.

environnementalistes » car ils risquent faire sombrer les USA dans « un manque énergétique »⁶³.

A la lutte anti-anti-nucléaire s'ajoute la campagne de lobbying que l'AEC mène en 1969 pour son programme de surgénérateurs : les industriels se méfient et il faut convaincre le Congrès de délier une fois encore les cordons de la bourse⁶⁴. En juin 1970, le journal *Nuclear Industry* parle d'une « crise des énergies fossiles⁶⁵ ». En août, c'est au tour de John Nassikas, le président de la *Federal Power Commission* d'introduire le terme « crise énergétique » devant le club des journalistes de Washington (*National Press Club*). S'il mentionne le prix du gaz, l'essentiel de son discours porte sur le nucléaire et appelle les compagnies électriques à soutenir le programme de surgénérateurs de l'AEC⁶⁶. Quelques mois plus tard, Ralph E. Lapp, un ancien du projet Manhattan organise un autre séminaire sur ce thème à destination des journalistes⁶⁷. Le résultat de ces efforts ne se fait pas attendre : les articles se succèdent sur la « crise énergétique » qui servent à plaider la cause des surgénérateurs⁶⁸. Au congrès, le député Chet Holifield, président du *Joint Committee on Atomic Energy* et grand défenseur du nucléaire martèle aussi cette idée : « ce pays fait face à une crise énergétique » et ceux qui en doutent, « banquiers et industriels », n'ont « qu'une faible compréhension du problème »⁶⁹. Notons aussi que les premiers ouvrages sur « la crise énergétique » (avant 1973) sont tous rédigés par des promoteurs de l'atome et consacrent de longues pages à la surgénération⁷⁰.

⁶³ « Editorial : Ecological Backlash », *New-York Times*, 25 avril 1970 ; « The Coming Power Crisis », *Journal of Commerce*, 7 mai 1970 ; *Oil and Gas Journal*, 3 mai 1970.

⁶⁴ Glenn T. SEABORG et Benjamin S. LOEB, *The Atomic Energy Commission Under Nixon. Adjusting to Troubled Times*, Palgrave Macmillan, 1993, p. 155-168. Le 4 juin 1971 Nixon demande au Congrès de financer le programme de surgénérateurs.

⁶⁵ « A crisis in fossil fuels », *Nuclear Industry*, juin 1970, vol. 17, n°6.

⁶⁶ « Federal Power Commission Chairman Nassikas on the fuel crisis », *Selected Readings on the Fuels and Energy Crisis*, op. cit., p. 134-6 et *New York Times*, 11 août 1970.

⁶⁷ « Energy Crisis Predicted », *New York Times*, October 23, 1971.

⁶⁸ John Noble WILFORD, « Energy Crisis : It Won't Go Away Soon », *New-York Times*, 6 juillet 1971 ; « Energy Crisis : a nuclear future looms », *New-York Times*, 7 juillet 1971 ; « Nation Energy Crisis : Is Unbridled Growth Indispensable To the Good Life? », *New York Times*, 8 juillet 1971. Voir aussi « Heading off an energy crisis », *Nation's Business*, juillet 1971, p. 26.

⁶⁹ Joint Committee on Atomic Energy, *Hearings*, 4 mars 1971, Washington, US Government Printing Office, 1971, p. 509.

⁷⁰ Voir Gerard GAMBS, *The Twentieth Century Fossil Fuel Crisis. Current and Projected Requirements*, New York, Ford Bacon & Davis, 1971 ; Reed MILLARD, *How Will We Meet the Energy Crisis ?* Science Book Associates, 1971 ; Lawrence ROCKS et Richard P. RUNYON, *The Energy Crisis*, Crown Publishers, 1971. Durant l'automne 1971, Le *Bulletin of Atomic Scientists* consacre trois numéros à ce thème repris dans un livre intitulé : *The Energy Crisis*. Voir aussi David INGLIS, « Nuclear Energy and the Malthusian Dilemma », *Bulletin of Atomic Scientists*, février 1971, p. 14-18.



figures 5. La diffusion de la « crise énergétique » avant le choc pétrolier.

Campagne de publicité pour General Electric et les surgénérateurs d'avril 1972 (*Life, Time, Forbes, The New-Yorker*...).

UN CHOC ET DES TRANSITIONS.

Le choc pétrolier de 1973 donne une toute autre ampleur au thème lancé quatre ans plus tôt par l'AEC. La « crise énergétique » est maintenant sur toutes les lèvres, elle envahit les rapports, les débats parlementaires, les plateaux de télévision. Dans son sillage, l'expression de « transition énergétique » se diffuse, elle se transforme en nappe discursive, patchwork de futurologies disparates⁷¹.

Employée sans adjectif, la « transition » hérite des débats sur la croissance : transition de l'exponentielle à l'équilibre (Jay Forrester, le Club de Rome), transition « de l'espace infini » à la « sphère close » ou de l'économie de « cow-boys » à celle du « vaisseau terre » (Kenneth Boulding), transition vers un état stationnaire (Herman Daly)⁷².

⁷¹ Cette section recoupe en partie Duccio BASOSI, « A Small Window : the Opportunities for Renewable Energies from Shock to Counter-Shock », Duccio Basosi, Giuliano Garavini et Massimiliano Trentin, *Couter Shock. The Oil Counter Revolution of the 1980s*, Londres, I.B. Tauris, 2018, p. 336-356.

⁷² Jay FORRESTER, *World Dynamics*, Cambridge MA, Wright-Allen Press, 1971, p. 130 ; Donella MEADOWS, Dennis Meadows, Jorgen Randers et William Berhens (ed.). *The Limits to growth*, New-York, Universe Book, 1972, p. 180 ; Kenneth E. BOULDING, « The Economics of the Coming Spaceship Earth », H. Jarrett (ed.). *Environmental Quality in a Growing Economy*, Baltimore, Resources for the Future/Johns Hopkins University Press, 1966, p. 3-14 ; Herman E. DALY, « The Economics of the Steady State », *The American Economic Review*, 1974, vol. 64, n°2, p. 15-21.

Cette acception de la transition au sens de changement de trajectoire d'un système dynamique se diffuse dans le débat énergétique. Elle est au coeur du rapport *A Time to Choose* (1974) de la Fondation Ford. Face à la crise, la solution n'est pas de courir après plus d'énergie mais de découpler la croissance de celle-ci, de viser le scénario « ZEG » pour « Zero Energy Growth⁷³ ». Cela passe par une modification des « styles de vie » : remplacer la consommation de biens matériels par celle de services, de loisirs, de santé, de culture. La partie originale du rapport traite de la fiscalité énergétique, de ses effets économiques et des compensations à introduire pour les ménages à faibles revenus. Concernant le système énergétique proprement dit, il s'agit plus modestement de le « rénover » car comme le montre la lenteur de la diffusion du nucléaire, miser sur sa transformation rapide serait de toute façon illusoire⁷⁴.

La « transition énergétique » devient aussi un mot d'ordre du mouvement environnementaliste. En 1976 et 1977, les organisations *Friends of the Earth*, *World Watch Institute* ainsi que le Club de Rome font paraître chacune à leur tour un plaidoyer pour une « transition solaire » — qui à cette époque inclut aussi le vent et la biomasse⁷⁵. Le texte le plus marquant est celui qu'Amory Lovins publie en octobre 1976 dans la prestigieuse revue *Foreign Affairs*. Lovins, est un physicien de 29 ans employé par l'association *Friends of the Earth*. Son but est de montrer que les USA peuvent faire face à la crise énergétique sans nucléaire — l'association qui l'emploie est née d'une scission d'avec le Sierra Club sur cette question⁷⁶. Contrairement à ce que clament en chœur l'AEC, General Electric et Westinghouse, « une autre voie » est possible sans risque de prolifération, ni technocratie atomique, un *soft energy path*, reposant sur des techniques décentralisées, à petite échelle, « résilientes », « soutenables » et « inoffensives ». Lovins vulgarisait dans une revue très influente à Washington les idées de Illitch et Schumacher. Il insistait en particulier sur la contreproductivité de l'atome : quel sens y-a-t-il à employer des réactions atteignant un millier de degrés pour chauffer les habitations ? Pourquoi centraliser la production puis

⁷³ Référence au « Zero Population Growth » des néomalthusiens. David FREEMAN (dir.), *A Time to Choose. America's Energy Future*, Cambridge MA, Ballinger, 1974, p. 85.

⁷⁴ *A Time to Choose*, op. cit., p. 107. La fondation Ford est une institution très influente dirigée par McGeorge Bundy, ancien conseiller à la sécurité nationale des présidents Kennedy et Johnson. Le rédacteur du rapport sur l'énergie, David Freeman, jouera un rôle important sous Carter. A propos de ce rapport, le président de Westinghouse parle d'un document « trompeur » qui risque de plonger la nation « dans un chaos énergétique ». Le scénario ZEG est une vue de l'esprit tant croissance et énergie ont été corrélées par le passé. Par contre, comme le prouve l'histoire de l'énergie aux USA, une transition vers le nucléaire est possible et il faut la commencer au plus vite.

⁷⁵ Denis HAYES, *Energy : the Solar Prospect*, World Watch Paper 11, mars 1976 ; Amory LOVINS, « Scale, Centralization and Electrification in Energy Systems », 21 octobre 1976, *Joint Hearings Before the Select Committee on Small Businesses. Alternative Long-range Energy Strategies*, 9 décembre 1976, Washington, US Government Printing Office, 1977, p. 218-282 ; Amory LOVINS, « Energy Strategy : The Road not Taken », *Foreign Affairs*, octobre 1976 p. 65-96 ; Robert H. MURRAY et Paul A. LAVIOLETTE, « Assessing the Solar Transition », Ervin LASZLO et Judah BIERMAN, *Goals in a global community : the original background papers for Goals for mankind, a report to the Club of Rome*, New-York, Pergamon, 1977, p. 221-278 ; Denis HAYES, *Rays of Hope. Transition to a Post-Petroleum World*, New-York, Norton, 1977.

⁷⁶ John P. HOLDREN et Philip HERRERA, *Energy : A Crisis in Power*, San-Francisco, Sierra Club, 1971 ; Michael MCCLOSKEY, « Energy Crisis : Issues and a Proposed Response », *Environmental Affairs Law Review*, 1971, vol 1, n°3, p. 587-605.

engloutir dans la distribution la moitié du capital et un tiers de l'énergie? Le caractère diffus des renouvelables, loin d'être un handicap permettait au contraire d'économiser les coûts du réseau. Publié en pleine campagne électorale, l'article secoue le débat énergétique. Des dizaines d'articles et plusieurs livres sont publiés pour le réfuter. Le prix Nobel Hans Bethe prend la peine de discuter les arguments du jeune physicien. Lovins devient un expert convoité, il est auditionné par une commission du Congrès, il rencontre le président Carter et démarre une brillante carrière de consultant en énergie auprès de l'ONU, de différents gouvernements, de grandes entreprises y compris pétrolières. Quant à Denis Hayes, son alter-ego du *World Watch Institute*, déjà connu pour avoir organisé le premier *Earth Day*, Carter le nomme à la tête du nouveau *Solar Energy Research Institute*. En investissant « la transition énergétique », le mouvement anti-nucléaire gagne en notoriété à Washington et devient un acteur de la politique énergétique de Carter⁷⁷.

Définie en opposition au nucléaire, cette « transition énergétique » des ONG environnementalistes débouchait sur une vision très optimiste des *autres* énergies. Lovins affirmait par exemple que la biomasse pourrait remplacer l'essence, que l'énergie renouvelable pourrait être facilement stockée, ou encore que le charbon pourrait être rendu propre grâce à l'innovation⁷⁸. Roger Naill, un des rédacteurs de *Limits to Growth*, doctorant de Dennis Meadows démontre avec les outils de la dynamique des systèmes que le charbon doit croître très fortement jusqu'en l'an 2000⁷⁹. En 1981, il devient vice-président de *AES Corporation*, une multinationale qui dans les années 2000 opère 40 GW de centrales thermiques à travers le monde. A l'inverse du nucléaire, fruit d'une monstrueuse distorsion de concurrence appelée guerre froide, les renouvelables devaient naître et prospérer dans l'économie de marché. Moins ésotériques, moins dangereuses, moins réglementées, elles offraient à des milliers d'inventeurs-entrepreneurs la possibilité de les expérimenter, de les améliorer sans être entravés par des « bureaucraties centralisées ». Lovins ou Hayes envisageaient des modifications très rapides du mix énergétique : une « société entièrement solaire » pourrait être bâtie « en trente ans, cinquante ans tout au plus » : il suffisait de faire confiance à l'ingéniosité américaine aiguillonnée par le profit.

L'autre problème est que le mouvement environnementaliste avait fait sienne la notion de « crise énergétique », inventée pourtant contre lui. L'effondrement énergétique rapide constituait son horizon d'attente. Cette perspective est alors commune et s'incarne dans un vaste mouvement d'« *energy preparedness* ». Echaudés par les files d'attente devant les stations services et les écoles fermées faute de chauffage durant l'hiver 1973-74, municipalités et Etats encouragent des initiatives individuelles ou collectives⁸⁰. En Oregon,

⁷⁷ Jennifer THOMSON, « Surviving the 1970s: The Case of Friends of the Earth », *Environmental History*, vol. 22, n°2, 2017, p. 235–256. L'auteure décrit une « normalisation » de l'association qui sous la présidence Reagan passerait de la critique du capitalisme au réformisme. Considérant le cas de Lovins, on peut penser que le capitalisme n'avait jamais été la question.

⁷⁸ Lovins parle d'innovations permettant « une utilisation propre du charbon à toutes les échelles » cf. « Scale, Centralization... » art. cit.

⁷⁹ Roger F. Naill, *Managing the Energy Transition. A System Dynamic Search for Alternative to Oil and Gas*, Ballinger, Cambridge MA, 1977.

⁸⁰ Joseph MASCO, *The Theater of Operations, National Security Affect from the Cold War to the War on Terror*, Durham, Duke University Press, 2014, chapitre 1.

Joel Schatz rédige à la demande du gouverneur un *Transition plan* pour « préparer » cet Etat à la possibilité d'un nouveau choc pétrolier. Son épouse, la dessinatrice Diane Schatz, crée une série de posters, les « transition graphics » fourmillant de détails : panneaux solaires et éoliennes, vélos et potagers, isolation des bâtiments, bougies pour les black-outs et forums participatifs pour organiser démocratiquement la fin du pétrole⁸¹. Le problème est que ce prisme de la « crise énergétique » naturalisait la transition comme un destin inévitable. L'agronome néo-malthusien Lester Brown fondateur du *World Watch Institute* posait le problème en ces termes : « La transition aura forcément lieu, la question : sera-t-elle douce⁸² ? ».

Au la fin des années 1970, la transition énergétique se banalise et devient une nappes discursive englobant tous les futurs possible. Promoteurs du découplage, de l'état stationnaire, des surgénérateurs, du charbon ou du solaire, environnementalistes et néomalthusiens : tout le monde pouvait se retrouver dans le lexique très inclusif de la transition. Pour les institutions, l'expression avait ceci de commode qu'elle permettait de regrouper sous un même vocable des stratégies parfois contradictoires. On s'en sert ainsi beaucoup à l'*Energy Research and Development Administration*, avatar de l'AEC créé en 1975, chargé à la fois des surgénérateurs, du solaire et des économies d'énergie. En 1979, l'Académie des sciences choisit le titre œcuménique d'*Energy in Transition 1985-2010* pour un rapport considérable regroupant les avis divergents de plus de 350 experts⁸³. Dans la documentation officielle, la transition énergétique fait la somme de toutes les mesures possibles permettant de rendre les USA moins dépendants du pétrole moyen-oriental : efficacité énergétique *et* nucléaire *et* taxes sur l'énergie *et* pipeline en Alaska *et* pétrole offshore *et* charbon... La transition énergétique était avant tout un discours de souveraineté nationale et c'est à ce titre qu'elle figurait dans les programmes énergétiques des administrations Nixon (« Project Independence ») et Carter (« National Energy Plan ») : elle donnait un aspect futuriste à des programmes qui, principalement fondés sur relance du charbon domestique, ne l'étaient guère⁸⁴. Après la présentation du plan énergétique de Carter —qui prévoit un triplement de l'extraction houillère— le *New York Times* écrit : « Les Etats-Unis et le monde sont au début d'une nouvelle transition énergétique »⁸⁵.

L'EFFET LOGISTIQUE

⁸¹ Joel SCHATZ, *Transition : A Report to the Oregon Energy Council*, Portland, 1975. On trouve des reproductions des affiches de Diane SCHATZ dans *The Energy Consumer, Community Alert, Preparing for Energy Emergencies*, 1980. Pour Wilson Clark de *Friends of the Earth*, la transition solaire est un enjeu de survie. Cf Wilson CLARK, *Energy for Survival: The Alternative to Extinction*, Garden City, NY : Anchor Press, 1974.

⁸² Préface de HAYES, *Rays of hope*, op. cit., p. 9.

⁸³ Committee on Nuclear and Alternative Energy Systems, *Energy in Transition, 1985-2010*, Washington, National Academy Press, 1980.

⁸⁴ Sur l'histoire des politiques énergétiques américaines : Craufurd D. Goodwin (dir.), *Energy policy in perspective : today's problems, yesterday's solutions*, Washington D.C. Brookings Institution, 1981.

⁸⁵ « President's national energy plan », *New York Times*, 30 avril 1977.

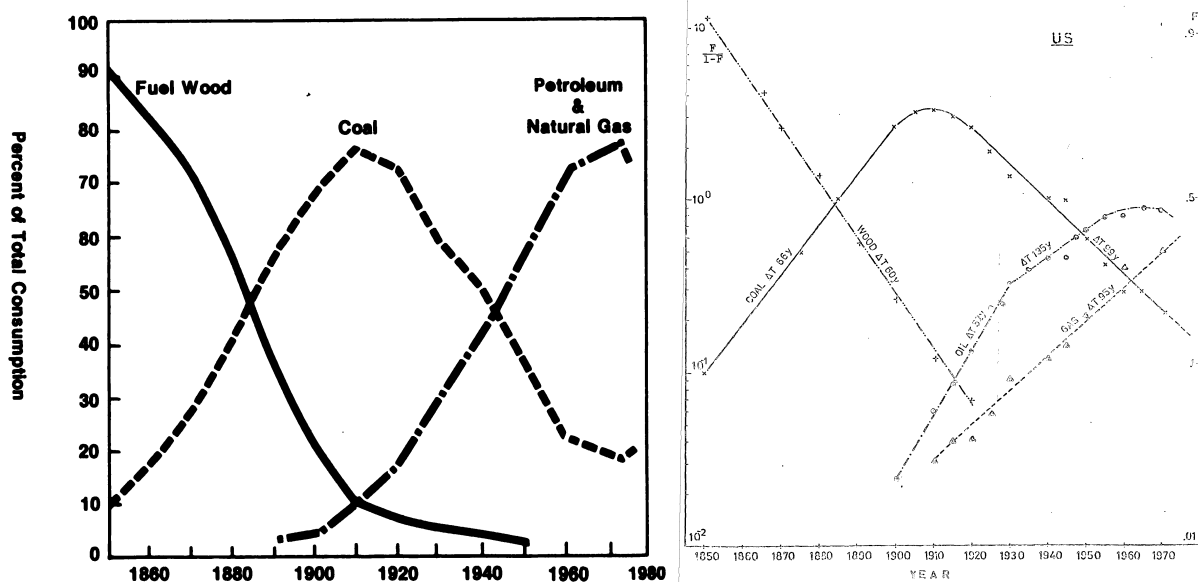
Le 18 avril 1977, à la Maison blanche, devant les caméras de télévision, le président Jimmy Carter livre une curieuse leçon d'histoire à ses concitoyens. Les Etats-Unis, explique-t-il, ont connu deux transitions : la première du bois au charbon, la seconde, du charbon au pétrole⁸⁶. Et il leur faut maintenant, face à la raréfaction du pétrole, en accomplir une troisième. Comme l'a récemment montré Duccio Basosi, ce discours joue un grand rôle dans la fortune ultérieure de l'expression : après cette date, les rapports sur la « transition énergétique » se multiplient. L'année suivante, L'ONU prend une résolution pour encourager une « transition énergétique en dehors des fossiles ». En 1981, se tient à Nairobi, une conférence sur les « énergies nouvelles et renouvelables » réunissant 4000 délégués venus de 125 pays différents. La transition énergétique est le mot clé des discussions. Même si la conférence n'aboutit à rien, elle contribue à globaliser le terme⁸⁷.

Le discours présidentiel soulève une autre question : quel était le fondement de cette histoire hétérodoxe de l'énergie ? Trois mois auparavant, Carter avait commandé un rapport, le *National Energy Plan*, qui comporte un graphique extraordinaire : trois courbes représentant trois systèmes énergétiques se succèdent harmonieusement. Bois puis charbon puis pétrole/gaz. C'est ce graphique que commente Carter devant les caméras. Il faut souligner sa nouveauté : à la fin des années 1970, comme auparavant, on représente le mix énergétique par des courbes empilées qui donnent à voir l'évolution *cumulative* des énergies primaires ; ici, au contraire, les énergies sont présentées en *part relative du mix* afin de montrer une dynamique historique de *substitution*⁸⁸.

⁸⁶ <https://millercenter.org/the-presidency/presidential-speeches/april-18-1977-address-nation-energy> (accédé juin 2017). Le but des discours de Carter était de justifier une hausse des prix de l'énergie. D'où l'intérêt de parler de transition : le sacrifice n'est que temporaire.

⁸⁷ Duccio BASOSI, « Lost in transition. The world's energy past, present and future at the 1981 United Nations Conference on New and Renewable Sources of Energy », *Revue d'Histoire de l'Énergie*, n°4, 2020 ; Frank N. LAIRD, « Avoiding Transitions, Layering Change: The Evolution of American Energy Policy », Carol HAGER et Christoph H. STEFES (eds.), *Germany's Energy Transition. A Comparative Perspective*, 2016, p. 111-122.

⁸⁸ C'est pour cette raison que le bois est inclus alors qu'en 1970 son poids énergétique est faible comparé à l'hydroélectricité. Sa disparition est une illusion qui tient à la source du graphique : le livre de Schurr et Netschert, *Energy in the American Economy op. cit.* dont les données sur le bois s'arrêtent en 1955. En réalité la consommation de bois énergie passe de 75 Millions de tonnes à 130 Mt entre 1960 et 1980. Cf. Energy Information Administration, *Estimates of U.S. wood energy consumption from 1949 to 1981*, août 1982.



figures 6 et 7. Une nouvelle forme de représentation du mix énergétique.

National Energy Plan, Cambridge MA, Ballinger, 1977 et Cesare Marchetti, « Primary Energy Substitution Models », juin 1975, IIASA Working Papers 75-88.

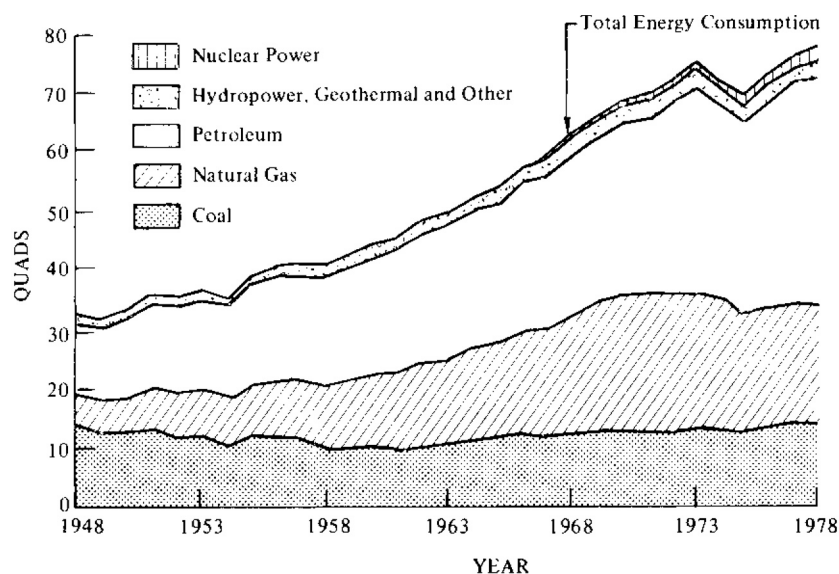


Figure 8. Représentation classique de l'évolution du mix énergétique énergétique

Energy in transition 1985-2010, Final Report of the Committee on Nuclear and Alternative Energy Systems, 1980, p. 3

Ces courbes sont empruntées à un physicien atomiste italien, Cesare Marchetti, qui a joué un rôle central dans la construction intellectuelle de la transition énergétique. Marchetti est surtout connu pour avoir été le grand promoteur de « l'économie hydrogène⁸⁹ ». Plutôt que multiplier les réacteurs nucléaires sur terre, mieux valait bâtir au milieu des océans quelques dizaines d'îles énergétiques (i.e. des centrales atomiques géantes) pour approvisionner le monde en hydrogène. Ce projet partait du constat suivant : le nucléaire

⁸⁹ Ses collègues le surnomment « Mr Hydrogen ». Howard RAIFFA, *Memoir : Analytical Roots of A Decision Scientist*, 2011, p. 110.

devait conquérir d'autres marchés que celui de l'électricité et donc produire un carburant liquide pouvant se substituer au pétrole. Marchetti ne cessera de promouvoir l'économie hydrogène : d'abord au sein du programme EURATOM où il occupe des postes importants, auprès de *General Electric*, et surtout à travers de nombreux articles et conférences. En 1974, quand se tient à Miami le premier colloque international sur « l'économie hydrogène », Marchetti fait figure de père fondateur. Dans la foulée, un *Journal of Hydrogen Energy* est créé dont Marchetti publie le manifeste. On trouve dans les premiers volumes de cette revue les anticipations actuelles sur la fin des fossiles, la pile à combustible, les électrolyseurs et même les avions à hydrogène dont les ingénieurs de Lockheed dessinent les élégants fuselages. Après le choc pétrolier, Marchetti est invité au Japon pour présenter ses projets au plus haut niveau. Les perspectives sont grandioses : des centrales atomiques construites sur des atolls du Pacifique produiraient de l'hydrogène par craquage thermique de l'eau (plus efficace que électrolyse) ; l'hydrogène serait exporté par une flotte de cryotankers ; le Japon deviendrait l'Arabie Saoudite du XXI^e siècle. Quant aux déchets radioactifs, en attendant la fusion, on s'en débarrasserait par auto-enfouissement : par leur propre chaleur, ils s'enfonceraient dans le socle basaltique des atolls.

Mais l'intérêt principal du travail de Marchetti est ailleurs : il s'intéresse au *temps* que pourrait prendre la réalisation d'un tel projet. En 1974, il quitte l'EURATOM et les rives du lac Majeur pour l'*International Institute of Advanced System Analysis* (IIASA) fondé deux années plus tôt à Laxenbourg, non loin de Vienne. La particularité de cet institut est d'être une initiative de la « détente » : experts de l'Est et de l'Ouest devaient collaborer sur la modélisation de « problèmes globaux » comme l'environnement, la population et l'énergie. Ce faisant, le IIASA joue un rôle fondamental de brassage d'experts et de diffusion d'idées à l'échelle internationale⁹⁰. Son programme énergie est placé sous le signe du nucléaire. Il est dirigé par Wolf Häfele un savant atomiste du *Kernforschungszentrum* (Centre de recherche nucléaire) de Karlsruhe qui avait dirigé le programme allemand de surgénérateur. Cette technologie, écrit-il, doit « rendre possible la survie de la civilisation industrielle sur une planète surpeuplée et limitée⁹¹ ». Notons que Harrison Brown a directement oeuvré à la création du IIASA et siège dans les instances de son projet énergie.

Les méthodes du IIASA, inspirées par celles du Club de Rome, reposent sur l'utilisation de modèles informatiques : explorer comment le système se comporte sous différentes contraintes liées aux technologies, aux investissements, aux réserves de matières premières. Le but est de repérer le ou les scénarios « assurant en 50 ans une transition douce (*smooth transition*) hors du pétrole et vers un système énergétique inépuisable (catégorie incluant à la fois les renouvelables et le nucléaire) »⁹². Parmi les 140 scientifiques venus de

⁹⁰ Eglė RINDZEVIČIŪTĖ, *The Power of Systems: How Policy Sciences Opened Up the Cold War World*, Cornell University Press, 2016.

⁹¹ Wolf HÄFELE, « The Fast Breeder As a Corner Stone for Future Large Supply of Energy », IIASA Research Report 73-5, septembre 1973 ; Wolf HÄFELE et Alan S. MANNE, *Strategies for a transition from fossil to nuclear fuels*, IIASA Research Reports 74-7, juin 1974 ; « Proceedings of IIASA planning conference on energy systems », 17-20 juillet 1973, p. 9.

⁹² Paul S. BASILE, « An integrated system approach : experience at IIASA », B. BAYRAKTAR, E. LAUGHTON, L. RUFF (dir.), *Energy Policy Planning, Nato Conference*, 1981, p. 287-305 ; Wolf HÄFELE (dir.), *Energy in a Finite World. Paths to A Sustainable Future*, Cambridge MA, Ballinger, 1981.

20 pays différents qui participent au projet, les visions du futur diffèrent. Dennis Meadows qui est invité au IIASA rapporte les débats entre Amory Lovins et Wolf Häfele⁹³. Les méthodes aussi sont controversées. Un ancien modélisateur confie que les simulations du IIASA étant très sensibles à de petites variations de paramètres (sur les prix des matières premières par exemple), toute conclusion faveur de telle ou telle technologie (les surgénérateurs entre autres) était hasardeuse⁹⁴. Brian Wynne, future figure majeure des *Science and Technology Studies* passe un an au IIASA et critique la rhétorique scientiste des modèles masquant un choix implicite pour le nucléaire⁹⁵.

Marchetti est aussi sceptique mais pour des raisons différentes : en générant de multiples scénarios, les modèles informatiques donnaient l'impression que le système énergétique mondial était malléable et donc gouvernable. Or le physicien italien est convaincu du contraire : du fait de son énorme inertie, l'évolution du système énergétique mondial est déjà écrit et son futur se lit bien mieux dans les statistiques historiques que dans les ordinateurs⁹⁶. Avec l'aide du jeune économiste Nebojsa Nakicenovic, Marchetti se lance dans un travail considérable de compilation de données historiques sur l'énergie. Le but : saisir le rythme d'évolution du système énergétique mondial depuis deux siècles et en déduire le temps que prendra la grande transition en dehors des fossiles.

Marchetti présente cette démarche comme iconoclaste, mais elle correspond en fait à un retour aux sources de la futurologie, un retour vers *la courbe logistique*. Depuis la seconde guerre mondiale, la courbe logistique s'était en effet diffusée de la démographie néomalthusienne vers la prospective technologique (« technological forecasting »)⁹⁷. On s'en sert par exemple à la RAND pour anticiper la diffusion des systèmes d'armement et l'évolution de leurs performances : vitesse des avions, précision des instruments, poids des satellites etc⁹⁸. On s'en sert aussi au sein de TEMPO, le département de prospective de General Electric où dans les années 1960, deux physiciens, John C. Fisher et Henry Pry, étudient les dynamiques de substitution technologique en utilisant des fonctions logistiques.

⁹³ Dennis MEADOWS, « A Critique of the IIASA Energy Models », *The Energy Journal*, 1981, vol. 2, n°3, p. 17-28.

⁹⁴ Bill KEEPIN, « A Technical Appraisal of the IIASA Energy Scenarios », *Policy Sciences*, 1984, vol. 17, n°3, p. 199-276.

⁹⁵ Brian WYNNE, « The Institutional Context of Science, Models, and Policy: The IIASA Energy Study », *Policy Sciences*, 1984, vol. 17, n°3, p. 277-320.

⁹⁶ MARCHETTI, « On strategies and fate », *Physics in Technology*, 1977, vol. 8, n°4, p. 157-162 ; MARCHETTI, « A Personal Memoir: From Terawatts to Witches. My Life with Logistics at IIASA », *Technological Forecasting and Social Change*, 1990, vol. 37, p. 409-414.

⁹⁷ Dans les années 1920, le biologiste américain Raymond Pearl introduit la courbe logistique afin de modéliser les populations de drosophiles dans un bocal. Il l'utilise ensuite pour prévoir la croissance démographiques de pays ou de villes. Cf. Sharon KINGSLAND, *Modelling Nature*, Chicago, Chicago University Press, 1985.

⁹⁸ Arthur GERSTENFELD, « Technological forecasting », *The Journal of Business*, 1971, p. 10-18 ; Erich JANTSCH, *Technological forecasting in Perspective*, OCDE, 1967, p. 271. La courbe en S est aussi le point de départ de l'économie de l'innovation avec les travaux de la fin des années 1950 des économistes de Zvi Griliches, James Coleman, Elihu Katz, Herbert Menzel ou Edwin Mansfield.

Les nouvelles techniques remplacent les anciennes selon une courbe en S : cela vaut pour les systèmes d'armement, pour les procédés industriels (l'acier Bessmer aux USA par exemple) et cela pourrait aussi fonctionner pour les énergies primaires⁹⁹. Le IIASA est étroitement lié au programme TEMPO qui lui donnera deux directeurs dont Henry Pry lui-même. Marchetti est consultant pour G.E. Il connaît John C. Fisher qui pilote alors à TEMPO un important projet historique : en repartant des recensements industriels, il a constitué la meilleure base de données sur l'histoire de l'énergie aux USA¹⁰⁰. Marchetti et Nakicenovic reprennent ce programme et l'étendent au monde entier.

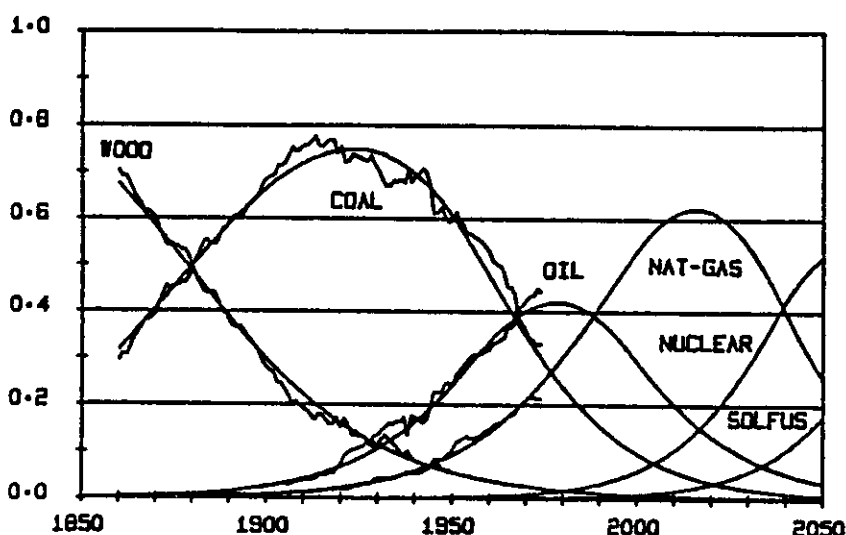


figure 9. Marchetti et Nakicenovic, « The Dynamics of Energy Systems and the Logistic Substitution Model », décembre 1979, IIASA RR 79-13, p. 13.

La vision dynamique de l'histoire énergétique proposée par Marchetti est originale à plusieurs égards. Par rapport aux atomistes malthusiens, les énergies sortent de l'histoire non par épuisement, mais par obsolescence. Le bois par exemple était encore très abondant quand le charbon s'est imposé. En outre, le monde ne passera pas directement du pétrole au nucléaire : celui-ci part de trop loin pour pouvoir jouer un rôle prépondérant avant 2050. Le modèle de substitution logistique désigne le gaz naturel comme successeur du pétrole, ce qui présente l'avantage de préparer les infrastructures pour le développement futur de l'hydrogène nucléaire¹⁰¹. Par rapport à la méthode des scénarios en vogue depuis les années 1970, l'approche est strictement déterministe : « la destinée entière d'une énergie paraît complètement décidée dès sa première enfance. Ces tendances sortent indemnes des guerres, des oscillations énormes des prix et des dépressions ». La congruence des données avec la courbe logistique révèle la « domination des mécanismes sur les acteurs ». Le « système

⁹⁹ John C. FISHER et Henry PRY, « A simple substitution model of technological change », *Technological Forecasting and Social Changes*, 1971, vol. 3, p. 75-88.

¹⁰⁰ John C. FISHER, *Energy Crises in Perspective*, New-York, Wiley, 1974.

¹⁰¹ Marchetti est proche de Robert HEFFNER III, un géologue pétrolier devenu milliardaire grâce au forage gazier ultra profond. HEFFNER est aussi membre du directoire du IIASA. Son livre *The Grand Energy Transition. The Rise of Energy Gases, Sustainable Life and Growth*, Hoboken N.J., Wiley, 2009 s'appuie sur la théorie de Marchetti.

a sa propre volonté, son propre calendrier¹⁰² ». Et les pages de celui-ci tournent très lentement : 160 ans pour que le charbon représente la moitié de l'énergie mondiale et 100 ans pour le pétrole. Le facteur clé n'est pas tant la technologie que le rythme de diffusion de celle-ci : un temps difficilement compressible lié à l'amélioration des techniques, à la diminution des coûts, à l'équipement en nouveaux convertisseurs, au changement des usages, à l'inertie des infrastructures, au déplacement et à l'amortissement des capitaux. Finalement, ce qui fait défaut pour assurer la « transition douce » ce ne sont ni les ressources, ni les technologies mais le temps. L'horizon de 50 ans fixé par le IIASA est bien trop proche. Une forme d'humilité s'impose : on ne peut pas grand chose face à la loi d'airain de la courbe logistique, on ne gouverne pas réellement cet ensemble gigantesque de machines et d'usages qu'est le système énergétique global. Les « décideurs » ne sont que des « optimisateurs » : « n'oubliez pas le système car le système, lui, ne vous oubliera pas¹⁰³ ».

Le travail de Marchetti et Nakicenovic est souvent critiqué pour son caractère mécanique. Comme le souligne Vaclav Smil, loin de s'effacer, le charbon a accru son poids dans le mix énergétique mondial et le bois-énergie n'a pas disparu en l'an 2000. Mais cette critique manque l'essentiel, à savoir l'extraordinaire influence de cette vision de l'énergie comme système en transition. Parce qu'elle confère un rôle crucial au passé, les historiens s'en sont souvent inspirés de manière implicite ou explicite. Ils en ont repris la définition de la transition comme phénomène relatif (le temps que prend une énergie pour passer de 1 à 50% d'un mix énergétique). Dans ses livres, Smil pointe souvent les erreurs de pronostics de Marchetti... tout en reprenant exactement la même méthode, à savoir l'étude de la diffusion logistique des techniques¹⁰⁴. Et les experts contemporains de la transition attendent toujours avec anxiété (ou réconfort) le redressement de la courbe en S de l'éolien et du solaire comme s'il équivalait à la disparition des fossiles : l'hypothèse de la substitution logistique, celle de Fisher, Pry et Marchetti est toujours là, explicite ou implicite. Or, c'est précisément cette hypothèse qui est historiquement problématique : considérer les énergies à l'instar des techniques comme des entités distinctes et en compétition alors qu'elles entrent autant en symbiose qu'en concurrence.

TRANSITION ET DÉNI CLIMATIQUE.

Dans les rapports sur l'énergie de la fin des années 1970, le changement climatique est déjà présent : le problème est connu, avéré, potentiellement gravissime, mais il paraît moins immédiatement menaçant que la crise énergétique. En 1979, le rapport *Energy in*

¹⁰² MARCHETTI et NAKICENOVIC, « The Dynamics of Energy Systems... », art. cit. ; MARCHETTI, « On strategies and fate ... », art. cit.

¹⁰³ MARCHETTI, « Energy system. The broader context », *Technological Forecasting and Social Change*, 1979, vol. 14, n°3, p. 191-204.

¹⁰⁴ Vaclav SMIL, *Energy Transitions. History, Requirements, Prospects*, Santa-Barbara, Praeger, 2010, p. 66-71. ID., *Energy Transitions: Global and National Perspectives*, Santa-Barbara, Praeger, 2016, p. 84-90 ; ID., *Growth From Microorganisms to Megacities*, Cambridge MA, MIT Press, 2019. Pour des historiens de l'énergie comme Richard Rhodes, Arnulf Grubler ou Paolo Malanima le travail de Marchetti a aussi été décisif. Cf. RHODES, *Energy. A Human History*, op. cit., chapitre 20.

Transition de l'Académie des Sciences américaine conclut que « les incertitudes les plus importantes sont *temporelles*, elles ne portent pas sur *l'existence* du problème¹⁰⁵ ». Le potentiel catastrophique est reconnu (systèmes agricoles dévastés, montée des eaux, relocalisation des populations) mais comme la date de ces effets demeure floue, la perspective qu'une transition énergétique intervienne à temps adoucit les inquiétudes. Le rapport final du programme énergie du IIASA (1982) admet qu'il y a un problème climatique, mais estime que le charbon demeure à court terme la seule option permettant de faire face à la raréfaction du pétrole : il sera « l'énergie de la transition », le « pont vers un futur renouvelable¹⁰⁶ ». La seule recommandation « climatique » est de continuer à investir dans le nucléaire et le solaire pour qu'une transition puisse s'enclencher rapidement si une catastrophe se profilait. En 1974, au IIASA, un jeune économiste, William Nordhaus commence à s'intéresser à ces problèmes, avec l'aide de Cesare Marchetti. Les travaux pour lesquels il obtiendra le prix Nobel ne faisaient que formaliser en terme de coût/bénéfice cette stratégie attentiste¹⁰⁷.

Même quand des scientifiques établissent le déroulé de la catastrophe, son terme paraît plus lointain que celui de la transition. John Laurmann de l'université de Stanford donne les dates suivantes : le changement deviendra sensible en (+1°C) 2000, il aura des conséquences économiques sérieuses en 2038 (+2°C) et deviendra une catastrophe globale en 2068 (+5°C)... heureusement, comme l'aurait démontré le IIASA, une « réorientation globale du système énergétique, c'est à dire une transition douce vers une autre source d'énergie prendrait 50 ans¹⁰⁸ ». De manière étrange, ce chiffre rond de « 50 ans pour faire une transition » se diffuse largement avec comme justification les travaux de Marchetti — alors même que celui-ci avait justement remis en cause l'horizon temporel du demi-siècle choisi par le IIASA. La première conférence mondiale sur le changement climatique qui se tient à Genève en 1979 conclut : « il est possible que les effets [du changement climatique] deviennent significatifs au milieu du siècle prochain. Cette échelle de temps est suffisante pour réorienter si nécessaire la manière dont opère l'économie mondiale, l'agriculture et la production énergétique¹⁰⁹ ». L'année suivante, un climatologue pionnier de l'alerte climatique, William Kellogg, explique au Sénat américain combien le changement climatique serait catastrophique d'ici le milieu du XXI^e siècle. Heureusement « le délai de mise en

¹⁰⁵ *Energy in Transition*, 1979, op. cit., p. 57

¹⁰⁶ *Energy in a Finite World*, 1982, op. cit., p. 28. En 1978 un colloque sur le réchauffement se tient au IIASA. Cf. Jill Williams ed., *Carbon Dioxide, Climate and Society*, Oxford, Pergamon Press, 1978.

¹⁰⁷ Nordhaus remercie Cesare Marchetti pour l'avoir initié à la question climatique. Cf. William NORDHAUS, « Can We Control Carbon Dioxide? », juin 1975, IIASA Working Paper, WP-75-63.

¹⁰⁸ J.A. LAURMANN, « Fossil fuel utilization policy assessment and CO₂ induced climate change », Jill Williams (ed.), *Carbon Dioxide...*, op. cit., p. 253

¹⁰⁹ *Declaration of the World Climate Conference*, Genève, 1979, p. 31.

oeuvre d'une transition hors des fossiles est d'environ 50 ans¹¹⁰ ». C'est aussi l'hypothèse retenue par la premier *Climate Act* américain de 1980¹¹¹.

Revenons-en pour finir au discours que prononce Edward David à l'Observatoire de Lamont-Doherty en octobre 1982. Est-ce que sa vision d'une transition énergétique en cours et s'achevant en temps et en heure pour éviter la catastrophe était simplement naïve ? Était-ce le simple écho déformé d'une prospective énergétique déficiente —et tant mieux si elle arrangeait les affaires d'Exxon? La réalité est toute différente : David disposait de travaux de modélisation démontrant, au delà de tout doute, l'extrême difficulté qu'aurait l'économie mondiale pour réaliser une telle transition.

Deux ans auparavant, s'était tenu un important séminaire à St Petersburg (Floride). Conviés à la demande du Congrès américain, vingt-quatre hommes et trois femmes discutent librement pendant deux jours du « problème du CO₂ ». Parmi des météorologues et des climatologues, on remarque aussi la présence de Henry Shaw, un ingénieur d'Exxon en charge des questions climatiques. Mutique, il ne prend la parole qu'à une seule occasion, quand la discussion s'anime à propos de la *Synthetic Fuels Corporation*, une entreprise publique qui venait d'être dotée d'un capital de 20 milliards de dollars destiné à subventionner la production d'essence à partir du charbon. Les climatologues sont réellement inquiets car le charbon représente un stock de carbone beaucoup plus important que le pétrole et le gaz. Exxon a déjà des usines pilotes et, avec les subventions du gouvernement américain, elle compte bien mettre ces investissements à profit. Shaw tente donc de justifier la SFC auprès des autres participants du séminaire : les *synfuels* seront indispensables « dans la période de transition, entre 1990 et 2010 [...] car nous allons avoir une transition très ordonnée des fossiles vers les renouvelables¹¹² ». Il ne remet pas en cause le changement climatique, sortir des fossiles est bien à terme une nécessité. Mais il faut que cela se fasse de manière « ordonnée », que « la transition soit douce » —on retrouve les mots clés du IIASA.

David Rose, un physicien nucléaire du MIT, intervient alors et propose une implacable critique de la transition. Pour lui les stratégies de Shaw, du IIASA ou de Nordhaus sont les mêmes et elles sont tout simplement irréalistes car elles négligent le fonctionnement du capitalisme industriel. « La plupart des gens », explique Rose, « tracent des courbes et s'arrêtent. Ils ne se demandent pas ce que cela implique en terme [...] de capacités productives¹¹³ ». Si la transition énergétique commençait seulement en 2010, pour

¹¹⁰ *Hearings before Committee on Energy and Natural Resources, US Senate, Effects of carbon dioxide buildup in the atmosphere*, 3rd April 1980, Washington, US Government Printing Office, p. 116. Kellogg est l'organisateur de l'importante conférence *Study of Man's Impact on Climate* (SMIC) de 1971.

¹¹¹ « National Climate Program », *Implementation of the Climate Act, Hearings*, Washington, US Government Printing Office, 1979, p. 214

¹¹² *Proceedings of the National Commission on Air Quality. Carbon Dioxide Workshop*, St Petersburg Florida, 29-31 Octobre 1980, p. 98 (<http://www.climatefiles.com/exxonmobil/1980-national-commission-air-quality-carbon-dioxide/> accédé juin 2021).

¹¹³ Rose cible surtout Nordhaus : « Nordhaus ne calcule pas vraiment la vitesse à laquelle il faudrait développer de nouvelles capacités productives pour tous ces trucs énergétiques. Il n'a pas regardé les dérivées secondes ». Voir Antonin POTTIER, *Comment les économistes réchauffent la planète*, Paris, Le Seuil, 2016.

ne pas dépasser le seuil catastrophique de 600 ppm de CO₂ dans l'atmosphère, il faudrait installer 1600 GW *par an* (centrales nucléaires, panneaux solaires peu importe) durant les deux décennies suivantes. A titre de comparaison toutes les entreprises énergétiques américaines disposaient en 1980 d'une capacité d'installation de 30 GW par an. Il faudrait donc créer plus de cinquante nouveaux G.E. et autres Westinghouse. Or, comme la transition devrait être achevée au bout de vingt ans, ces investissements, à peine réalisés, seraient appelés à disparaître : jamais le capitalisme ne tolérerait un tel à coup. Remettre la transition à plus tard pour attendre de nouvelles technologies et de nouveaux capitaux la rendant moins douloureuse constitue la recette parfaite pour un désastre climatique. L'intervention de Rose change le ton du séminaire. La parole se libère, elle devient autrement plus radicale : « nous ne croyons pas que nous puissions attendre », « il faut changer le capitalisme pour orienter les investissements dans la transition », « ce qu'il faut faire excède toutes les transformations technologiques historiques ». Rose réitère cette mise en garde à de nombreuses reprises, devant une commission sénatoriale et à travers des rapports¹¹⁴. Shaw connaît ces travaux mais fait la sourde oreille. Dans une note qu'il rédige à l'intention de David, portant sur « le discours à tenir au cas où le problème [du changement climatique] serait abordé » il propose trois éléments de langage : premièrement, expliquer « qu'il y a suffisamment de temps pour étudier la question avant d'agir ». Deuxièmement, « l'augmentation de la température ne sera pas mesurable avant 2000 ». Troisièmement ce délai « autorise une transition ordonnée vers des technologies non-fossiles¹¹⁵ ».

*

Contrairement à ce que prétendait David le monde n'était absolument pas entré dans une transition énergétique en 1982. Durant les trois décennies suivantes, la consommation mondiale de gaz allait tripler, celle de charbon doubler et celle de pétrole augmenter de 60%. En 2010 la Chine brûlait à elle seule autant de charbon que le monde entier en 1980. Résultat : la part des fossiles dans le mix énergétique demeurerait stable et supérieure à 80% jusqu'à nos jours¹¹⁶. David, à la tête de la R&D d'Exxon, n'y était pas pour rien. Il connaissait les progrès en cours dans la recherche et l'exploration, dans le pétrole profond, dans l'extraction du gaz et les mines à ciel ouvert de lignite : il était parfaitement placé pour savoir que la transition n'aurait pas lieu¹¹⁷.

A propos des négociations climatiques internationales Stefan Aykut et Amy Dahan parlent de schisme de réalité. La transition énergétique en constitue certainement le cœur : chaque année, les délais impartis pour la réaliser s'amenuisent et cette futurologie devient

¹¹⁴ *Hearings... Effects of carbon dioxide buildup in the atmosphere*, 1980, op. cit. ; David ROSE et Marvin MILLER, « Global Energy Futures and CO₂ induced Climate Change », MIT Department of Nuclear Engineering, 1983.

¹¹⁵ <http://www.climatefiles.com/exxonmobil/co2-research-program/1981-internal-exxon-co2-position-statement/>

¹¹⁶ <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>

¹¹⁷ Edward DAVID, « Strategies for fossil fuel Technology. Multiple options for unpredicted future », S.W. YUAN (ed.), *Energy, Resources and Environment*, New-York, Pergamon Press, 1982. David anticipe avec justesse un doublement de la consommation de charbon d'ici à l'an 2000.

par la force des choses de plus en plus radicale¹¹⁸. Après un demi-siècle de procrastination il faudrait maintenant accomplir en moitié moins de temps ce que les experts des années 1970 jugeaient impossible à réaliser en 50 ans. Certes les renouvelables ont entre temps beaucoup progressé (de même que les fossiles), mais les arguments de Marchetti ou ceux de Rose demeurent valides : ce qui fait défaut face au changement climatique ce ne sont pas tant les techniques que le temps nécessaire à leur diffusion.

L'idée n'est pas d'affirmer que la transition (au sens de décarbonation) est impossible mais de souligner qu'il s'agit d'un futur ancien, né dans un espace intellectuel particulier, à cheval entre utopie atomique et néomalthusianisme, un futur invoqué depuis longtemps, en particulier par ceux qui n'avaient pas intérêt à ce qu'il advienne. Ce futur se fonde sur une histoire fausse qui a nourri une illusion réconfortante : la réponse au défi climatique s'inscrirait dans une nouvelle transition, dans le cours majestueux de l'histoire conjointe de l'énergie, de la technique et du capitalisme. C'est pour ces raisons que la transition énergétique a constitué depuis cinquante ans le coeur de la désinhibition climatique.

Remerciements

L'origine de cet article remonte à 2013. Dans le chapitre 5 de *l'Événement Anthropocène*¹¹⁹, je proposais une histoire trop sommaire et trop tardive de la notion de transition énergétique comme démarrant après le choc pétrolier de 1973. Je remercie Stefan Aykut de m'avoir orienté vers la question de la « transition démographique » des années 1960 ainsi que Michel Lepetit qui m'a fait découvrir l'ouvrage de Palmer Cosslet Putnam. Je remercie les organisateurs des différents séminaires dans lesquels j'ai présenté cet article. Merci enfin à Cesare Marchetti, Nebojsa Nakicenovic et Paul Warde pour les entretiens qu'ils m'ont accordés.

¹¹⁸ Stefan AYKUT et Amy DAHAN, *Gouverner le Climat*, Paris, Presses de Sciences Po, 2015 ; Stefan Aykut et Aurélien Evrard, « Une transition pour que rien ne change? », *Revue Internationale de Politique Comparée*, vol. 24, n° 1-2, 2017, p. 17-49.

¹¹⁹ Christophe BONNEUIL et Jean-Baptiste FRESSOZ, *L'Événement anthropocène. La Terre, l'histoire et nous*, Paris, Le Seuil, 2013, 2016.