

Sevrer une maison et la planète des combustibles fossiles : leçons apprises

Par Richard C.J. Somerville | 4 août 2022

Traduction de l'article « Weaning a house and the world from fossil fuels: lessons learned » de Richard C. J. Somerville qui a été publié en ligne dans *The Bulletin of the Atomic Scientists* le 4 août 2022 et disponible sur :

<https://thebulletin.org/2022/08/weaning-a-house-and-the-world-from-fossil-fuels-lessons-learned/>



De la fumée s'échappe des cheminées dans une aciérie alimentée au charbon dans la province industrielle de Hebei, en Chine. Le chercheur Vaclav Smil soutient que l'acier, le béton, l'ammoniac et les plastiques sont « quatre piliers de la civilisation moderne », dont la production nécessite de grandes quantités de combustibles fossiles et rendront donc difficiles les efforts pour sevrer rapidement le monde des combustibles fossiles. (Photo de Kevin Frayer/Getty Images)

En tant que climatologue, j'ai récemment réalisé deux projets de recherche intéressants. Les deux sont pertinents pour les efforts visant à réduire les dangers du changement climatique d'origine humaine. Tout d'abord, j'ai décidé d'étudier comment une famille aux États-Unis pourrait rapidement modifier son logement pour réduire à près de zéro ses émissions de dioxyde de carbone et sa consommation de combustibles fossiles, tout en économisant de l'argent. J'ai choisi ma propre famille et notre maison comme cobayes pour cette expérience. Deuxièmement, j'ai cherché à mieux comprendre si le monde dans son ensemble pouvait réduire rapidement les émissions globales de substances piégeant la chaleur. J'ai découvert une évaluation convaincante dans le livre de 2022 de Vaclav Smil, *How the World Really Works: A Scientist's Guide to Our Past, Present and Future* (Comment le monde fonctionne vraiment : le guide d'un scientifique sur notre passé, notre présent et notre avenir).

Il n'a fallu que quelques mois pour modifier ma maison afin qu'elle fonctionne presque entièrement à l'électricité issue de l'énergie solaire plutôt que des combustibles fossiles. Le système solaire photovoltaïque que nous avons installé est en passe de s'amortir en quelques années seulement. Cependant, sevrer le monde entier des combustibles fossiles est une tâche incroyablement complexe et difficile. Imaginer un monde meilleur pour demain est relativement facile. Atteindre ce monde meilleur, à partir du monde actuel, n'est pas facile du tout. Vaclav Smil soutient que cette tâche nécessitera d'immenses changements dans de nombreux domaines où les combustibles fossiles sont désormais vitaux pour la production de quantités massives de matériaux indispensables à la civilisation moderne. Il estime que l'achèvement de cette transition prendra probablement plusieurs décennies, voire plus.

Ma famille occupe une maison unifamiliale dans le sud de la Californie. La maison a été construite en 1978. Nous en sommes propriétaires depuis 1979. Il s'agit d'une maison d'un étage et de trois chambres d'une superficie totale d'environ 250 mètres carrés. C'est une maison à ossature avec un toit en tuiles. Elle dispose d'un grenier, utilisé principalement pour les conduits, mais pas de sous-sol. Le climat de cette région est officiellement classé comme méditerranéen, avec des étés chauds, ensoleillés et secs et des hivers doux. L'hiver est plus frais et plus humide que l'été, mais les précipitations totales sont plus faibles que dans de nombreux climats méditerranéens typiques. Les précipitations annuelles dans notre région sont généralement inférieures à environ ou 30 centimètres.

Comme beaucoup de maisons en Amérique du Nord, notre maison était chauffée en hiver par un système à air pulsé, utilisant une chaudière alimentée au gaz naturel. La maison n'était pas climatisée à l'origine, mais elle n'est qu'à quelques kilomètres de l'océan Pacifique. Les brises de l'océan et d'un lagon fournissent une quantité importante de refroidissement naturel. Cependant, ces dernières années, les étés dans la région sont devenus un peu plus chauds et nous avons décidé de climatiser notre maison.

Pour réduire notre consommation d'énergie, nous avons choisi de supprimer la chaudière et d'installer un système moderne de pompe à chaleur électrique réversible. Ce système chauffe la maison en hiver et la refroidit en été, avec trois zones contrôlées indépendamment. Les composants du système comprennent de nouveaux conduits, des appareils de traitement de l'air et des purificateurs, ainsi que des thermostats électroniques. Les systèmes de pompe à chaleur présentent de nombreux avantages par rapport aux systèmes de chauffage domestique

traditionnels basés sur la combustion de combustibles fossiles. Ils sont plus efficaces, chauffent et refroidissent, améliorent la qualité de l'air, sont durables, nécessitent peu d'entretien, sont silencieux et offrent des avantages en matière de santé et de confort. D'un autre côté, ils sont complexes, nécessitent généralement un investissement important et ne sont pas applicables à tous les cas de figure. Notre système de pompe à chaleur a coûté environ 39.000 dollars. Il a été installé en août 2021.

Notre maison est située près de San Diego, en Californie, à une latitude d'environ 33 degrés nord. L'ensoleillement est abondant toute l'année et la maison a un grand toit dégagé orienté au sud. Ainsi, c'était un bon candidat pour l'installation d'un système solaire photovoltaïque destiné à la production d'électricité. En 2021, un entrepreneur en énergie solaire a conçu et installé un système de 26 modules ou panneaux solaires sur notre toit. Le système comprenait 26 micro-onduleurs modernes pour convertir le courant continu produit par les modules solaires en courant alternatif requis par la maison. Le système incluait également une mise à niveau nécessaire du panneau de service électrique principal de la maison, avec les dispositifs de sécurité requis par la réglementation locale.

La production d'énergie annuelle de ce système solaire photovoltaïque est d'environ 16 mégawattheures (MWh). Cette puissance correspond approximativement à la consommation annuelle d'électricité de la maison. Le système solaire produit beaucoup plus d'énergie électrique en été qu'en hiver car le soleil est plus haut dans le ciel en été et les journées d'été sont plus longues. Le logiciel de l'entrepreneur avait prédit que le système produirait environ 1,0 MWh par mois en hiver et environ 1,6 MWh par mois en été. Le système comprenait également un équipement de surveillance détaillée, et les premiers mois de données ont montré que la production réelle était très proche de la puissance prévue.

Pendant les périodes où le système solaire photovoltaïque produit plus d'énergie que la maison n'en utilise, il envoie l'énergie excédentaire dans le réseau, et le service public d'électricité nous crédite pour cette énergie électrique. Selon les réglementations californiennes actuelles, ce système solaire photovoltaïque devrait être amorti en environ six ans, après quoi l'électricité générée par le système solaire sera essentiellement gratuite. Cependant, cette estimation n'est pas toujours fiable, car l'expérience montre que la réglementation californienne et les prix de détail de l'électricité varient considérablement d'année en année.

Il est pratiquement impossible de prévoir le montant qui sera accordé par le service public pour rétribuer l'énergie excédentaire injectée dans le réseau. De même, il est très difficile d'imaginer le prix d'achat de l'électricité auprès du service public pendant les périodes où le système solaire photovoltaïque ne produit pas d'électricité ou moins que la maison n'en consomme. Bien sûr, le service public doit toujours disposer d'une capacité de production excédentaire prête à subvenir à toute augmentation de la demande. Cependant, en moyenne annuelle, notre système photovoltaïque génère à peu près autant d'électricité solaire que notre maison en utilise.

Ce système solaire photovoltaïque a été mis en marche et a commencé à produire de l'électricité en janvier 2022. Son coût total était d'environ 43.000 dollars. Nous reconnaissons que le coût cumulé du système de pompe à chaleur et du système solaire photovoltaïque est inaccessible pour de nombreuses familles. Cependant, une loi américaine de 2022 accorde un crédit d'impôt

fédéral sur le revenu de 26 % du coût du système solaire. Ce crédit réduira notre impôt sur le revenu 2022 d'environ 11.000 dollars, donc le coût net du système solaire photovoltaïque sera d'environ 32.000 dollars. Au moment où j'ai écrit cet article, le crédit d'impôt fédéral sur le revenu doit passer de 26% à 22% en 2023 et expirer en 2024, mais une législation en attente pourrait changer cela.



Mon objectif suivant était de mieux comprendre comment la modification de notre maison participe à la réduction du risque et de l'ampleur du changement climatique d'origine humaine. Une ressource pertinente est le travail de Vaclav Smil, que j'ai rencontré pour la première fois en 1995 à Aspen, Colorado, États Unis. Il a été professeur à l'Université du Manitoba au Canada. Il était venu à Aspen à l'invitation de l'Institut du changement global d'Aspen (Aspen Global Change Institute, ou AGCI) pour participer à un atelier consacré à l'atténuation du changement climatique. J'ai été impressionné par l'étendue de ses connaissances et sa capacité à parler rapidement sans notes. Écouter Smil ou lire ses livres, c'est littéralement « s'abreuver à une borne d'incendie » : on est submergé d'informations. Smil a pris la parole à plusieurs reprises lors d'ateliers AGCI à Aspen.

Vaclav Smil est né en 1943 dans une région montagneuse et boisée aujourd'hui en République tchèque. Cependant, à sa naissance, cette région fait partie du protectorat allemand de Bohême-Moravie. L'ex-territoire tchécoslovaque est rétabli après la Seconde Guerre mondiale et devient rapidement un pays marxiste-léniniste dominé par l'Union soviétique. En août 1968, une période de libéralisation en Tchécoslovaquie prend fin violemment lorsque le pays est envahi militairement par l'Union soviétique, aidée de plusieurs autres pays du Pacte de Varsovie. (L'invasion militaire de l'Ukraine par la Russie en 2022 présente plusieurs similitudes avec cet événement de 1968.)

Vaclav Smil a étudié pendant cinq ans à la Faculté des sciences naturelles de l'université Charles de Prague, suivi un grand nombre de cours dans un large éventail de matières et obtenu un diplôme de premier cycle et un diplôme d'études supérieures à peu près équivalent au mastère en sciences américain. Vaclav Smil, qui a toujours refusé d'adhérer au parti communiste, et sa femme, Eva, médecin récemment diplômée, quittent la Tchécoslovaquie en 1969, peu avant la fermeture des frontières par les Soviétiques. Ils émigrent aux États-Unis, où, en 1971, Smil obtient un doctorat en géographie délivré par l'université d'État de Pennsylvanie (Pennsylvania State University, en abrégé Penn State).

En 1972, Smil accepte la première offre d'emploi qu'il reçoit et rejoint l'université du Manitoba (Winnipeg, Canada) où il reste pendant près de 50 ans. Réputé pour être un peu reclus, Smil ne possède pas de téléphone portable, n'aime pas donner d'interviews et ne va pas aux réunions de la faculté. Il lit énormément et je l'ai entendu dire qu'il lisait près de 100 livres par an, mais ce nombre est récemment tombé à environ 75. Sa mémoire est extraordinaire.

La productivité de Smil au cours de sa carrière d'un demi-siècle au Manitoba a été étonnante. Il a publié quelque 500 articles et plus de 40 livres. Ses livres sont principalement destinés au grand public et abordent des sujets extrêmement variés. Cependant, l'énergie reste un thème dominant dans beaucoup d'entre eux. En 2022, il a publié *How the World Really Works : A Scientist's*

Guide to Our Past, Present and Future (Comment le monde fonctionne vraiment : le guide d'un scientifique sur notre passé, notre présent et notre avenir), un aperçu magistral et actualisé des travaux de Smil sur l'énergie qui met en avant la question du changement climatique. Sur les plus de 300 pages de ce livre, environ 70 sont consacrées à des références et des notes détaillées, y compris les sources des données de Smil.

Vaclav Smil sait que le changement climatique causé par l'homme est un problème important et sérieux qui ne devrait surprendre personne. Citant les travaux d'Eunice Foot, John Tyndall et Svante Arrhenius dans les années 1800, Smil reproche au monde d'avoir ignoré ce que ces scientifiques pionniers avaient découvert : être conscient de ce changement et réfléchir à nos réponses.

Je pense que le reproche de Vaclav Smil est peut-être un peu trop sévère. Il faut reconnaître le temps qu'il a fallu pour que les travaux de ces premiers pionniers soient acceptés par la communauté scientifique. En 1958, lorsque je suis entré à Penn State en tant qu'étudiant de première année en météorologie, la science du changement climatique en était vraiment à ses balbutiements. À cette époque, seuls quelques scientifiques comprenaient clairement que l'augmentation d'origine humaine de la quantité de dioxyde de carbone atmosphérique pouvaient provoquer d'importants changements climatiques. En 1958, il n'y avait pas de modèles climatiques mondiaux, pas de superordinateurs, pas d'enregistrement à long terme du suivi des quantités de dioxyde de carbone atmosphérique et pas de données de télédétection par satellite.

Lorsque j'ai commencé mes études universitaires, le *Compendium of Meteorology* constituait l'unique ouvrage de référence. Il s'agissait d'un recueil de météorologie de plus de 1.000 pages, rédigé par plusieurs auteurs et publié en 1951 par la Société météorologique américaine (American Meteorological Society). L'article du *Compendium* consacré au changement climatique, rédigé par l'éminent climatologue britannique C. E. P. Brooks, reflétait l'opinion qui prévalait à cette époque parmi les experts. Cet article commençait par déclarer que les variations des quantités de dioxyde de carbone atmosphérique avaient été considérées par certains scientifiques comme une cause du changement climatique, « mais la théorie n'a jamais été largement acceptée et a été abandonnée lorsqu'il a été découvert que tout le rayonnement à ondes longues absorbé par le CO₂ est également absorbé par la vapeur d'eau ». Ces dernières années, la spectroscopie (l'étude de l'absorption et de l'émission de rayonnements par la matière) a beaucoup progressé, et nous savons aujourd'hui que cette affirmation de Brooks est tout simplement fautive. Brooks poursuivait en déclarant qu'une augmentation récente de la quantité de dioxyde de carbone atmosphérique due à la combustion du charbon avait été citée « comme explication de la récente augmentation de la température mondiale. Mais au cours des 7 000 dernières années, il y a eu de plus grandes fluctuations de température sans l'intervention de l'homme, et il ne semble y avoir aucune raison de considérer la hausse récente comme plus qu'une coïncidence. Cette théorie n'est pas considérée plus avant ». Il y a là une précieuse leçon d'humilité.

Au cours des 60 années qui se sont écoulées depuis 1961, lorsque j'ai obtenu un baccalauréat en météorologie de Penn State, le domaine de la climatologie et notre compréhension du changement climatique ont vraiment été révolutionnés. À bien des égards, notre compréhension actuelle du changement climatique d'origine humaine trouve ses racines dans les découvertes de

trois grands scientifiques. Tyndall a découvert que le dioxyde de carbone et la vapeur d'eau absorbent l'énergie infrarouge. Arrhenius a démontré que doubler les niveaux de dioxyde de carbone entraînerait un réchauffement important. Charles David Keeling a mesuré avec précision la quantité de dioxyde de carbone dans l'atmosphère et a montré qu'elle augmente en raison des activités humaines. Arrhenius était un brillant théoricien, Tyndall était un superbe expérimentateur et Keeling était un observateur extrêmement habile et dévoué. Il convient de noter que Tyndall et Keeling ont conçu et construit leurs propres instruments

Il y a soixante ans, comme le démontre l'article du *Compendium* de Brooks, très peu de scientifiques pensaient que les changements dans les quantités de dioxyde de carbone atmosphérique pouvaient affecter le climat. Aujourd'hui, nous comprenons que Brooks avait tort. Le climat est en effet sensible au dioxyde de carbone. Pour limiter le changement climatique, il est urgent de réduire considérablement les émissions de dioxyde de carbone et d'autres substances piégeant la chaleur. Si le monde veut éviter d'aggraver les dommages climatiques, la quantité de dioxyde de carbone dans l'atmosphère doit cesser d'augmenter. Cela signifie que nous devons réduire à zéro les émissions mondiales de substances piégeant la chaleur comme le dioxyde de carbone, car une partie du dioxyde de carbone émis dans l'atmosphère y reste pendant des millénaires.

Vaclav Smil partage ce sentiment d'urgence. Cependant, il a une mauvaise opinion des modèles climatiques, ainsi que des prévisions et modèles à long terme en général. Je pense que Smil ne comprend peut-être pas entièrement que les modèles sont utiles dans d'autres domaines que les prévisions. Ils jouent également un rôle central dans la production de presque toutes les observations climatiques utilisées par les scientifiques. Par exemple, les modèles dérivent les températures atmosphériques des rayonnements mesurés par les satellites. Ils aident également à explorer les aspects du changement climatique autres que le réchauffement.

À plusieurs égards importants, je pense que Vaclav Smil ressemble à l'économiste Thomas Piketty. Ils utilisent tous deux une grande variété de données pour nous aider à comprendre le monde. Piketty s'inspire des romans du XIXe siècle, par exemple, parce que les écrivains Honoré de Balzac en France et Jane Austen en Angleterre ont compris que si vous savez combien de terres un fermier possède, vous pouvez estimer son revenu avec précision. Le livre de Piketty *Capital in the 21st Century* (Le capital au XXIe siècle) est son chef-d'œuvre.

Smil et Piketty sont tous deux des analystes à grande échelle. Ils veulent savoir comment fonctionnent réellement les aspects importants de leurs mondes respectifs, et ils sont réalistes. D'autres peuvent analyser la pensée de Smil parce qu'il fournit les sources des données à partir desquelles il travaille. Dans l'ensemble, je pense que Vaclav Smil a parfaitement raison et que de nombreux militants pour le climat, qui parlent de sevrer rapidement la planète des combustibles fossiles, ne comprennent que rarement combien les combustibles fossiles sont au cœur des processus de transformation des cultures en nourriture, combien l'acier et le ciment sont utilisés dans la construction des villes et autoroutes, ou combien les plastiques se sont répandus dans nos usages quotidiens. La valeur de Smil en tant que penseur du changement climatique réside dans le fait qu'il s'efforce d'être un témoin de la réalité. Il veut que nous apprenions à reconnaître les absurdités et à les filtrer.

Des aspects banals mais très importants de l'activité humaine, tels que l'agriculture, la production d'acier et la fabrication de béton, sont au cœur de l'argument de Smil. Smil appelle l'ammoniac, l'acier, le béton et les plastiques, « les quatre piliers de la civilisation moderne ». Les pays qui ne sont pas encore pleinement développés ont également besoin de ces piliers. La production de ces quatre éléments nécessite de très grandes quantités de combustibles fossiles. Aussi, Vaclav Smil semble pessimiste quant aux perspectives pour le monde de se sevrer rapidement des combustibles fossiles. Cependant, il décrirait sûrement son point de vue comme réaliste plutôt que pessimiste.[1] Smil écrit : « Les économies modernes seront toujours liées à des flux massifs de matériaux, que ce soit ceux des engrais à base d'ammoniac pour nourrir la population mondiale toujours croissante ; les plastiques, l'acier et le ciment nécessaires aux nouveaux outils, machines, structures et infrastructures ; ou de nouveaux intrants nécessaires pour produire des cellules solaires, des éoliennes, des voitures électriques et des batteries de stockage. Et tant que toutes les énergies utilisées pour extraire et traiter ces matériaux proviendront de conversions renouvelables, la civilisation moderne restera fondamentalement dépendante des combustibles fossiles utilisés dans la production de ces matériaux indispensables ».

~~~

Bien que je ne sois pas d'accord avec tout ce que Smil propose, j'admire son travail avec enthousiasme et recommande vivement ce livre à tous ceux qui s'intéressent au changement climatique. Smil insiste à plusieurs reprises sur sa conviction que sevrer le monde des combustibles fossiles prendra beaucoup plus de temps et sera beaucoup plus difficile que la plupart des gens ne le pensent. Il préconise de nombreuses mesures de bon sens, telles que la réduction du gaspillage alimentaire et la conduite de petites voitures. Le titre de son livre, *How the World Really Works* (Comment le monde fonctionne vraiment), exprime sa conviction que nous sommes extrêmement naïfs si nous continuons de prétendre, comme beaucoup d'entre nous sont enclins à le faire, que nous avons déjà toute la technologie nécessaire, nous sommes donc maintenant pleinement capables de limiter le changement climatique à des niveaux modérés ou tolérables, mais il ne nous manque que la volonté politique pour le faire.

Modifier la maison de ma famille pour qu'elle fonctionne entièrement à l'énergie électrique, puis fournir cette énergie « gratuitement » en installant des modules solaires sur le toit, a été très instructif pour moi. Cela m'a aidé à apprécier le point central de la pensée de Vaclav Smil, qui est qu'il sera extrêmement difficile et long de sevrer des combustibles fossiles le monde entier, et pas seulement une maison.

## Notes et références

[1] Bill Gates a publié son livre *How to Avoid a Climate Disaster* (Climat : comment éviter un désastre – Les solutions actuelles – Les innovations nécessaires) en 2021. Il y écrit : « J'étais devenu convaincu de trois choses :

1. Pour éviter une catastrophe climatique, nous devons parvenir à zéro émission de gaz à effet de serre.
2. Nous devons déployer les outils dont nous disposons déjà, comme le solaire et l'éolien, plus rapidement et plus intelligemment.

3. Et nous devons créer et déployer des technologies révolutionnaires qui peuvent nous permettre d'atteindre le zéro carbone. »

Les prescriptions de Gates incluent donc de faire tout ce que nous savons déjà faire, mais de le faire mieux, et elles incluent en outre le développement de nombreuses « technologies révolutionnaires » qui n'existent pas encore. En effet, Gates dépense une partie de sa propre fortune dans des efforts pour accélérer le processus. Gates déclare également: « Je pense plus comme un ingénieur que comme un politologue ». Gates n'est pas un ingénieur, mais il a une grande foi dans la technologie, la science et la raison. Il est également connu pour admirer Vaclav Smil. Cependant, Gates ne donne aucun détail sur qui règlera la facture des efforts qu'il préconise, ou comment vaincre les réticences de nombreux gouvernements.

Mark Z. Jacobson de l'université de Stanford et ses co-auteurs décrivent et préconisent depuis longtemps des solutions au défi du changement climatique basées sur l'utilisation des trois principales sources d'énergies renouvelables : le vent, l'eau et le soleil. Dans leur article de 2022, « Des solutions à faible coût au réchauffement climatique, à la pollution de l'air et à l'insécurité énergétique pour 145 pays », ils consacrent une section à « l'incertitude politique ». Ce document est cité comme DOI : 10.1039/d2ee00722c et est également disponible à l'adresse <http://web.stanford.edu/group/efmh/jacobson/Articles/I/145Country/22-145Countries.pdf>.

La section sur l'incertitude politique indique que « l'ampleur de la transition est énorme » et que le rythme requis dépend « de la possibilité d'accélérer suffisamment la fabrication et le déploiement ». Cependant, aucun détail n'est donné sur la manière d'apporter les modifications requises. Je pense que Vaclav Smil pourrait faire la remarque que, comme beaucoup d'autres auteurs, Jacobson et ses co-auteurs décrivent une destination souhaitable mais ne peuvent pas fournir une carte détaillée et réaliste pour l'atteindre.

Vaclav Smil lui-même a publié une critique approfondie d'un livre cosigné par plusieurs auteurs, dont le physicien et écrivain prolifique Amory Lovins, qui a longtemps été associé au Rocky Mountain Institute. Cette critique est parue dans l'article « Rocky Mountain Visions: A Review Essay », publié pour la première fois le 27 janvier 2004 et disponible à l'adresse <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1728-4457.2000.00163.x>.

L'article de Smil est une critique du livre de 1999 de Paul Hawken, Amory Lovins et L. Hunter Lovins, *Natural Capitalism: The Next Industrial Revolution* (Capitalisme naturel : la prochaine révolution industrielle).

Dans cet article, Smil fait non seulement la critique du livre, mais il aborde également la catégorie générale des recommandations optimistes pour un avenir meilleur. Recommandations qu'il considère naïves ou irréalistes, car elles ne reconnaissent pas ou ne prennent pas en considération les obstacles et difficultés que Smil résumera dans son livre de 2022, *How the World Really Works* (Comment le monde fonctionne vraiment).

Dans l'essai de synthèse paru en 2004, il déclare : « Je partage leurs appels à la rationalité technique, à une plus grande efficacité, à des impacts environnementaux plus faibles et à une agriculture plus respectueuse – mais je ne peux pas envisager une route aussi simple et des récompenses aussi impressionnantes en aussi peu de temps qu'ils le prétendent ou sous-tendent.



Ma critique ne porte pas sur leurs objectifs mais sur les promesses excessives, les exagérations répétées, les vœux pieux et l'insistance vertueuse que leur voie est la seule possible ».

-----