



HAL
open science

Introduction - Histoire de l'énergie et approches systémiques : les synergies et les imaginaires énergétiques en question

Anael Marrec

► To cite this version:

Anael Marrec. Introduction - Histoire de l'énergie et approches systémiques : les synergies et les imaginaires énergétiques en question. Cahiers François Viète, 2022, Synergies et persistances dans l'histoire des techniques de l'énergie, III.12, pp.5 - 26. 10.4000/cahierscfv.561 . hal-03956850

HAL Id: hal-03956850

<https://hal.science/hal-03956850v1>

Submitted on 1 Mar 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Public Domain

Introduction - Histoire de l'énergie et approches systémiques : les synergies et les imaginaires énergétiques en question

Introduction - Synergies and persistances in the history of energy technologies

Anaël Marrec



Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/cahierscfv/561>

DOI : [10.4000/cahierscfv.561](https://doi.org/10.4000/cahierscfv.561)

ISSN : 2780-9986

Éditeur

Nantes Université

Édition imprimée

Date de publication : 1 avril 2022

Pagination : 5-26

ISBN : 978-2-493550-03-3

ISSN : 1297-9112

Référence électronique

Anaël Marrec, « Introduction - Histoire de l'énergie et approches systémiques : les synergies et les imaginaires énergétiques en question », *Cahiers Français Viète* [En ligne], III-12 | 2022, mis en ligne le 01 avril 2022, consulté le 22 décembre 2022. URL : <http://journals.openedition.org/cahierscfv/561> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/cahierscfv.561>



Creative Commons - Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International
- CC BY-NC-ND 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

SOMMAIRE

- ANAËL MARREC 5
Introduction – Histoire de l'énergie et approches systémiques : les synergies et les imaginaires énergétiques en question
- CLEMENT GAILLARD 27
Persistence et renouvellement des mentalités techniques : le cas de l'opposition entre les techniques solaires actives et passives en architecture
- ANAËL MARREC 49
Wave Converters against Energy Systems? Le Minous' Ram and the Cattaneo Ondo-Pump in the Frame of French Blue Coal Policy (1925-1945)
- ANTOINE MISSEMER 73
Un imaginaire fossilisé ? Les représentations économiques de l'énergie au défi de la transition bas-carbone
- ALAIN GRAS, CHARLES-FRANÇOIS MATHIS & ANAËL MARREC 95
Regards croisés avec Alain Gras et Charles-François Mathis : approches systémiques en histoire de l'énergie

Introduction

Histoire de l'énergie et approches systémiques : les synergies et les imaginaires énergétiques en question

Anaël Marrec*

Poteaux électriques de ma rue / Se dressent dans le noir / De pierres ou de bois / Ils ont une longue histoire / Poteaux électriques de ma rue / Ont un grand pouvoir / Ils partent de chez moi / Et couvrent le territoire / De l'est / À l'ouest, en courant / Un long effet / Électrisant / Poteaux électriques de ma rue / Sont un repoussoir / Des douves debout / En forme de rôtissoires / Poteaux électriques de ma rue / Sont sans le savoir / Le centre de tout / L'armée du désespoir / Vitesse / Qui va droit devant / Tout effilée / Grésillant / Sous stress / Stridente à l'instant / La longue épée / Dans le filament (Arne Vinzon, « Poteaux électrique », album *Jeunesse éternité*, 2021)

Face au problème global du réchauffement climatique, un consensus se dégage sur la nécessité de sortir d'une économie mondiale fondée sur les énergies fossiles. Les scénarios internationaux de transition énergétique préconisent d'une part d'intensifier l'exploitation des énergies décarbonées par leur intégration dans les réseaux électriques, d'autre part, de recourir aux technologies de l'information et de la communication pour gérer en temps réel l'intermittence des énergies renouvelables¹. La récente annonce du chef du gouvernement français en période préélectorale prévoit la multiplication des parcs éoliens en mer (trente à cinquante nouveaux parcs d'ici 2050), mais aussi le renouvellement du parc nucléaire², l'atome ayant été classé « énergie de transition » par la Commission européenne le 3

* Chercheuse associée au Centre François Viète, Nantes Université.

¹ Voir par exemple le dernier rapport de l'Organisation des nations unies pour la transition énergétique : <https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/2021-twg2062321.pdf>, consulté le 24/02/2022.

² https://www.lemonde.fr/politique/article/2022/02/10/nucleaire-eoliennes-ce-q-u-il-faut-retenir-de-l-intervention-d-emmanuel-macron_6113168_823448.html, consulté le 04/03/2022.

février 2022³. Si l'urgence climatique légitime la recherche d'alternatives décarbonées à l'économie fossile, cette expansion des réseaux énergétiques pose des problèmes socio-environnementaux et fait l'objet de contestations sociales, qu'il s'agisse de l'atome ou des énergies renouvelables. Afin de comprendre les ressorts et les spécificités de cette logique et d'envisager des changements, l'histoire de l'énergie permet de mettre en évidence les inerties d'ordre social, culturel et matériel d'un pesant héritage, ainsi qu'une large dépendance⁴ du devenir des infrastructures et agencements sociotechniques de l'énergie à leurs états passés.

Des historien·ne·s désireux·ses d'éclairer cet héritage ont d'abord mené de nombreuses études sectorielles et, plus récemment, ont souligné l'importance d'approches globales de l'énergie encore trop rares (Debeir et al., 2013 ; Massard-Guilbaud, 2019). Ces approches entrent dans le cadre de renouvellements des grilles de lectures et des objets d'histoire de l'énergie, qui cherchent non seulement à saisir de grandes tendances historiques dans la mobilisation de l'énergie (Podobnik, 2006 ; Kander et al., 2013 ; Massard-Guilbaud & Mathis, 2019), mais aussi à « défataliser » les processus historiques (Fressoz, 2013). Avec l'avènement de la société « thermo-industrielle » (Gras, 2003), des réseaux d'extraction, de transport et de distribution imposants, fondamentaux dans une société productiviste et une économie de flux, se sont développés à travers les continents et les océans du monde entier, sous le contrôle d'acteurs de plus en plus puissants, et irriguant un nombre croissant d'usages quotidiens (Hughes, 1993 ; Deveir et al., 2013 ; Dubey & Gras, 2021). Mais si l'histoire de l'énergie est orientée par des structures contraignantes, elle est loin d'être linéaire et résulte aussi de choix aux dimensions politiques et culturelles, de « bifurcations » alors qu'auraient pu se dessiner d'autres trajectoires, ouvertes par des propositions d'alternatives ou des contestations (Hecht, 2014 ; New Daggett, 2019 ; Bruyère, 2020 ; Gras, 2007 ; Jarrige & Vrignon, 2020). Ces renouvellements historiographiques ne sont pas exempts de débats, notamment sur l'existence de « transitions énergétiques » passées : alors que certain·e·s plaident pour une histoire des transitions énergétiques qui

³ https://www.lemonde.fr/planete/article/2022/02/02/pour-la-commission-europeenne-le-gaz-et-le-nucleaire-peuvent-accompagner-la-transition-ecologique_6112074_3244.html, consulté le 04/03/2022.

⁴ La notion de *path dependency* a été popularisée par l'historien américain Paul A. David (1985) : le choix et la diffusion mondiale du clavier QWERTY découlaient de considérations techniques devenues anachroniques dans nos sociétés modernes. Moins efficient que les autres types de clavier, il avait pourtant dépassé le « seuil de réversibilité ».

puissent, si ce n'est servir d'exemples à une transition énergétique à venir, du moins éclairer la situation énergétique actuelle (Bouvier & Laborie, 2016 ; Smil, 2017 ; Lamard & Stoskopf, 2018 ; Massard-Guilbaud & Mathis, 2019), d'autres dénie l'existence de transitions énergétiques dans l'histoire, en particulier parce qu'elles supposent des substitutions de sources d'énergie à d'autres là où il n'y a eu qu'une accumulation de l'extraction des ressources en énergie et en matériaux (Fressoz, 2013, 2021).

Ce numéro vise à approfondir les questionnements posés par les nouvelles approches en histoire de l'énergie, en se penchant sur deux de leurs ambitions : l'une, appréhender l'énergie dans sa globalité, et l'autre, distinguer dans les trajectoires énergétiques passées des contingences et des déterminations. D'un point de vue épistémologique, il propose de questionner les outils historiques pour penser l'énergie en société, en particulier la notion de système énergétique. D'un indéniable intérêt heuristique, celle-ci tend en effet à présupposer des synergies entre techniques de l'énergie et à naturaliser la spécificité contemporaine d'une omniprésence sociale et matérielle des réseaux énergétiques. D'un point de vue historiographique, ce numéro réévalue l'évolution des synergies énergétiques, mais aussi des inerties imaginaires en jeu dans la mobilisation de l'énergie à l'ère industrielle. La pensée systémique est un exemple d'inertie imaginaire qui s'applique aux historien·ne·s dans leur analyse des transformations énergétiques. Il s'agissait aussi d'examiner la place des inerties imaginaires dans les choix énergétiques à l'ère industrielle.

Ce numéro appelait des contributions en histoire de l'énergie à l'époque contemporaine dans deux directions : celle d'une analyse fine du lieu d'inscription des convertisseurs, afin de mettre à l'épreuve leur nécessaire intégration dans un système énergétique ; celle d'un examen des inerties imaginaires qui auraient, non pas bloqué le développement de ce qui est finalement advenu, mais au contraire, en soutenant une certaine trajectoire, empêché d'autres possibles d'advenir.

Ces contributions devaient également alimenter les réflexions sur la notion de système énergétique, et, en identifiant les forces et les angles morts de ses acceptions courantes, contribuer à en redessiner les contours. Ils suivent en cela le projet défendu par Jean-Claude Debeir et ses collègues (2013) et d'autres historien·ne·s à leur suite d'étudier les configurations sociales et politiques induites par les modes d'utilisation de l'énergie, tout en questionnant les synergies et les inerties qu'ils mettent en jeu.

Cette introduction revient dans un premier temps sur les notions systémiques en histoire des techniques et de l'énergie, pour en étudier les contours, les aspects heuristiques et les limites, ainsi que les héritages thermodynamiques et cybernétiques et leurs implications. Il montre ensuite

comment les quatre contributions du numéro répondent aux objectifs historiographiques du numéro.

Systèmes énergétiques, systèmes techniques, fécondité et limites

Parmi les outils permettant de penser l'énergie en société de manière globale, le concept de système énergétique occupe une position centrale, et mérite donc une attention particulière. Il est largement utilisé par les historien·ne·s pour désigner la manière dont une société donnée mobilise à un moment de l'histoire les flux énergétiques. Deux travaux historiques marquants ont théorisé la notion dans les années 1980 (Massard-Guilbaud, 2018) : en 1983, dans *The Subterranean Forest*, Rolf Peter Sieferle (1983) l'applique à l'analyse des transformations énergétiques des sociétés en associant à chaque période de l'histoire un système énergétique, qui se définit essentiellement par les sources d'énergie mobilisées et les techniques qui permettent cette mobilisation. Se seraient succédé un système énergétique paléolithique basé sur l'utilisation « non contrôlée » de l'énergie solaire, puis un système énergétique agraire basé sur l'utilisation « contrôlée » de l'énergie solaire, et enfin un système énergétique industriel basé sur l'usage massif d'énergies fossiles grâce aux machines thermiques. Malgré la place qu'elle occupe dans son analyse, l'auteur ne définit pas la notion. Quelques années plus tard, dans *Une histoire de l'énergie* (1986), Jean-Claude Debeir, Jean-Paul Deléage et Daniel Hémerly retracent l'histoire des formes de mobilisation de l'énergie depuis l'époque néolithique et dans différentes sociétés. Comme Sieferle, les auteurs suivent le postulat qu'à toute société humaine correspond un système énergétique⁵. Leur usage de cette notion justifie un examen privilégié : ils en donnent une définition précise, l'appliquent d'une manière particulièrement approfondie à l'histoire des sociétés humaines depuis l'époque néolithique et sont, à ce titre, une référence fréquente pour les historien·ne·s qui utilisent la notion. Selon Debeir et ses collègues (2013, p. 25), un système énergétique est la

⁵ Même si, dans leur définition du système énergétique citée plus haut, les auteurs sont ambigus à ce sujet : si un système énergétique est constitué d'un ensemble de filières, lui-même constitué d'un ensemble de convertisseurs, un convertisseur n'est pas nécessairement intégré dans le système, et les convertisseurs ne s'enchaînent pas nécessairement en filières qui formeraient un tout cohérent. Les auteurs affirment pourtant ensuite que « pour toute société humaine, [...] le problème énergétique est plus souvent une question de convertisseurs qu'un problème de source : de ce point de vue, l'histoire de l'énergie coïncide avec celle des systèmes de convertisseurs énergétiques. » (Debeir et al., p. 23)

« combinaison originale de diverses filières de convertisseurs qui se caractérisent par la mise en œuvre de sources d'énergie déterminées et par leur interdépendance, à l'initiative et sous le contrôle de classes ou de groupes sociaux, lesquels se développent et se contrôlent ». Les auteurs précisent que ces systèmes sont composés de convertisseurs, c'est-à-dire de machines, biologiques ou artificielles, qui transforment de l'énergie sous une certaine forme en énergie sous une autre forme « utile ». Par ce concept, les auteurs entendent rompre avec la tendance historiographique à la fragmentation des recherches empiriques par filières énergétiques. Cherchant également à éviter toute forme de déterminisme, et à appréhender les techniques de l'énergie dans leurs dimensions politiques et environnementales, ils considèrent l'énergie au croisement de trois « sphères », économique, sociale et environnementale, dont aucune n'est réductible à l'autre.

La large appropriation de ce concept atteste de sa fécondité. Il sert en particulier aux historien·ne·s pour étudier les transformations énergétiques passées (Podobnik, 2006 ; Kander et al., 2013), qu'ils adoptent la grille d'analyse des transitions énergétiques ou qu'ils la mettent à distance⁶. Cependant, dans la diversité de ses applications, ses contours deviennent flous. Utilisé parfois au pluriel, parfois au singulier, il peut perdre sa dimension globale, pour redevenir une notion sectorielle, sans d'ailleurs que la limite soit toujours claire. Il est ainsi question de « système énergétique charbonnier » (Debeir et al., p. 222) ou de « système charbonnier » (Jarrige & Vrignon, p. 132) pour désigner un système énergétique essentiellement basé sur le charbon, mais aussi de « système charbonnier » pour désigner la filière charbonnière sur laquelle la nation anglaise a bâti son empire (Jarrige & Vrignon, 2020, p. 119). Avec une définition de système énergétique similaire à celle de Deveir et ses collègues — bien que non fondée sur les convertisseurs —, Bruce Podobnik (2006, p. 3)⁷ tranche la question de la coexistence d'un système énergétique global

⁶ Certain·e·s historien·ne·s défendant l'examen de transitions énergétiques passées les définissent ainsi comme le passage d'un système énergétique à un autre. Voir (Debeir et al., 2013, p. 28 ; Massard-Guilbaud, 2019 ; Mathis, 2019, p. 356-357). François Jarrige, qui remet par ailleurs en question l'existence de transitions énergétiques passées, garde, dans son ouvrage avec Alexis Vrignon, le prisme du système énergétique pour examiner les grandes configurations sociotechniques autour de l'énergie (Jarrige & Vrignon, 2018, p. 7).

⁷ « An individual energy system, then, is defined as the interconnected network of production, transportation, and consumption that delivers one of these specific energy resources to people for use in their daily lives. The global energy system, meanwhile, is the even more complicated totality of these individual energy net-

et de sous-systèmes énergétiques en allant dans le sens d'une assimilation de la filière au système, et en différenciant un « système énergétique individuel » (comme le système charbonnier) du « système énergétique global » qui serait constitué de la « totalité de ces réseaux » (Podobnik, 2006, p. 23). De plus, cette globalité s'applique à des échelles de temps et d'espace très variées. Dans la même introduction, François Jarrige et Alexis Vrignon (2020, p. 7-8) utilisent l'expression de système énergétique pour désigner la manière dont les sociétés transforment les flux d'énergie solaire en énergie utile, et pour désigner des convertisseurs alternatifs. Les sociétés dont Debeir et ses collègues (2013) décrivent les systèmes énergétiques ont des contours plus ou moins précis : les systèmes énergétiques néolithique, médiéval et capitaliste recouvrent probablement des réalités (historiques, géographiques) plus larges que les systèmes énergétiques grec, romain ou chinois qu'ils décrivent selon le même prisme. Enfin, si l'on examine la proposition de Podobnik, qui considère un système énergétique comme une filière, on peut se demander si un système énergétique ne serait pas qu'un système technique particulier, et s'interroger sur ce qui fait sa spécificité.

L'existence d'un système énergétique global, la coexistence de multiples systèmes énergétiques, et leur articulation avec les systèmes techniques, ne sont pas qu'une question terminologique. Elles soulèvent les mêmes interrogations que les différentes conceptions des techniques comme systèmes. La notion de système énergétique telle que l'ont donnée Debeir et ses collègues fait notamment écho au système technique défini par Bertrand Gille (1978)⁸. Également reprise largement par les historien·ne·s des techniques en tant qu'outil d'appréhension globale et dynamique des techniques dans les différentes sociétés, cette notion a aussi été critiquée pour ses présupposés évolutionnistes (Fressoz & Jarrige, 2013). Dans son *Histoire des techniques*, Gille décrit de grandes phases historiques caractérisées par un « système technique », constitué de l'ensemble machine (ou « convertisseur »)/source d'énergie/matériau. Si l'on accepte cette proposition de l'universalité des systèmes techniques, on peut d'abord signaler que les techniques de l'énergie y sont centrales, mais

works. [...] events in one energy system can have reverberating effects throughout the other systems and can even cause long-lasting transformations in the structures of energy production and consumption on a global scale. Over the long arc of energy history, the relationship between primary energy resources and technological systems has become increasingly complex. » (Podobnik, 2006, p. 3)

⁸ La notion de système technique rend compte du fait qu'« en règle très générale, toutes les techniques sont, à des degrés très divers, dépendantes les unes des autres, et qu'il faut nécessairement entre elles une certaine cohérence » (Gille, 1978, p. 19).

qu'elles font système avec des éléments non spécifiquement énergétiques. Dès lors, le système énergétique est-il un sous-système du système technique, ou constitue-t-il une réalité distincte ? Dans le premier cas, la critique qui est faite au système technique de Gille parce qu'il attribue aux techniques une « force intrinsèque » guidée par le progrès (Fressoz & Jarrige, 2013, p. 73), est aussi valable pour le système énergétique qui en serait une sous-partie. Le second point de vue, défendu dans l'*Histoire de l'énergie*, et qui suppose, de manière universelle, une autonomie au fait énergétique, ne fait que déplacer le problème. Bien que ni déterministe ni internaliste, ce postulat ne résiste pas à une certaine forme de téléologie en décrivant une évolution technique guidée par une démultiplication de la force mise à disposition des sociétés⁹.

L'universalité des systèmes techniques et, dans son sillage, celle des systèmes énergétiques, est aussi questionnable. Alors qu'un auteur comme Bertrand Gille (1978) affirme l'existence en tout lieu et en tout temps, des systèmes techniques, d'autres auteurs, comme Lewis Mumford (1967)¹⁰ ou Jacques Ellul (1977) voient dans l'autonomisation de la technologie une

⁹ Selon Debeir et ses collègues (2013, p. 76, 86), reprenant Gille sur ce point, le machinisme ne se serait pas développé dans la Grèce antique, malgré les connaissances poussées des Grecs en mécanique, parce qu'ils n'ont pas réussi à inventer le système bielle-manivelle. Celui-ci, démultipliant les possibilités de mobilisation de la force, aurait pourtant pu advenir : le « blocage » du système énergétique grec est dû à un manque d'inventivité. De même, les Romains ne sont parvenus qu'à un système énergétique « extensif », limité, donc, par le déploiement des routes de l'empire, alors qu'ils auraient pu mobiliser davantage les roues hydrauliques qu'ils connaissaient, et se passer des esclaves dont la quête incessante a fini par saigner l'empire à blanc.

¹⁰ Mumford (1963) ne parle pas de système technique, mais affirme qu'« au moment même où les nations occidentales se débarrassent de leurs anciens régimes de monarchie absolue avec les rois de droit divin, elles restauraient le même système, mais de façon cette-fois beaucoup plus efficace, dans leur technologie. » (cité par Jarrige, 2014, p. 262 : Mumford Lewis, « Pour une technologie démocratique », *La Table ronde*, septembre 1963, réédité dans la revue *Agone*, vol. 45, p. 173-185). Dans *The Myth of the Machine*, publié en anglais en 1967 et traduit en français en 1973, Mumford (p. 9) soutient, sans adopter une lecture explicitement systémique, que « dans ce processus d'autodécouverte et d'autotransformation, les outils, au sens étroit du mot, rendaient de bons services en tant qu'instruments subsidiaires, mais non comme le principal agent actif du développement humain ; car, avant notre propre époque, jamais la technologie ne s'est dissociée du plus vaste ensemble culturel au sein de quoi l'homme, en tant qu'homme, a toujours fonctionné. » Mumford n'affirme pas, cependant, contrairement à Ellul, que la technique est devenue autonome (Jarrige, 2014, p. 262).

spécificité de l'ère contemporaine. Ces auteurs dénoncent les conséquences environnementales et sociales des technologies de l'ère industrielle, et considèrent que ce développement n'est pas inéluctable. Après Mumford, Ellul et Gille, Thomas Hughes (1983) et Alain Gras (1997) étudient l'apparition et le développement singuliers des *large technological systems* ou des macro-systèmes techniques, notions qu'ils appliquent en premier lieu aux réseaux électriques. Dans *Networks of power*, titre délibérément ambigu qui désigne à la fois les réseaux d'artefacts énergétiques et les rapports de pouvoirs en œuvre dans ces systèmes techniques, Hughes ne donne pas une définition claire des *large technological systems*, mais précise que, socialement construits par des « bâtisseurs de systèmes », ils sont composés d'éléments hétérogènes et constituant des « tissus sans couture » (« seamlessweb ») techniques, politiques, sociaux, culturels. À la suite de Hughes, Gras (1997) a forgé l'expression de « macro-système technique » pour désigner des « ensembles d'objets techniques liés entre eux par des réseaux d'échanges ». Ils se composent d'« un objet industriel au sens large, telle la centrale électro-nucléaire », d'« une organisation de la distribution des flux, pour continuer le même exemple le réseau électrique » et « d'une entreprise de gestion commerciale pour relier l'offre et la demande, EDF dans le cas français » (p. 4). Le macro-système technique intègre des grands systèmes techniques : pour Gras, le « système nucléaire » est un grand système technique et le système électrique est un macro-système technique, qui intègre le premier. Gras insiste bien sur ce fait : « le MST [macro-système technique] doit se penser comme un élément radicalement neuf qui naît avec la société industrielle. » (p. 21)

La notion de système énergétique soulève des questions similaires quant à sa vocation universelle et aux spécificités historiques qu'il pourrait gommer. C'est ce que ce numéro proposait de questionner : une technique de l'énergie s'intègre-t-elle nécessairement dans un système énergétique, et à l'inverse, les techniques de l'énergie sont-elles nécessairement en interaction privilégiée, formant un tout cohérent ? En suivant Hughes et Gras, mon hypothèse est celle d'une singularité propre aux sociétés contemporaines, celle de synergies d'une force inédite entre convertisseurs énergétiques avec le développement de réseaux de plus en plus étendus (charbonnier, gazier, électrique, pétrolier) et interconnectés. Il existe bien des systèmes énergétiques, mais ceux-ci répondent aux critères suivants : ils relient de manière clairement identifiable des convertisseurs dans le but de rendre disponible de l'énergie pour un usage donné. Le convertisseur reste le premier élément du système énergétique. Mais cela suppose, comme le suggère Alain Gras dans l'interview croisée avec Charles-François Mathis, que tout ne peut être assimilé à un convertisseur, même si l'énergie est, par

définition, partout. Cela ne signifie pas que les sociétés ne mobilisaient pas de l'énergie avant l'existence de systèmes, mais que la forme systémique de la mobilisation de l'énergie ne s'est pas trouvée en tout lieu et en tout temps.

L'élément hydraulique permet d'illustrer différents degrés de synergies entre convertisseurs formant des systèmes. Le moulin hydraulique apparu dès la civilisation romaine antique, est décrit par Debeir et ses collègues (2013, p. 86) comme une véritable « révolution technique » parce qu'elle permet de libérer considérablement la force : il s'agit d'un convertisseur. L'ensemble formé autour des monastères par de multiples canaux, réservoirs, roues à meules et à fouloirs, ainsi organisé pour des usages productifs variés (Gille, 1958, p. 650-651), formerait en effet un système énergétique. La transformation au début du XIX^e siècle de l'Amoskeag River en immense réservoir de force, canalisé, régularisé, et transformé par des roues en énergie mécanique dans le seul but de la production, montre un degré supérieur de spécialisation énergétique du fleuve, particulièrement exclusif de tout usage non industriel, réduisant l'élément aquatique à une ressource énergétique (Steinberg, 1991)¹¹. Le moulin est alors « intégré à l'intérieur d'un système général, un réseau interconnecté d'unités de production fonctionnant de manière indépendante par rapport à la diversité des contextes locaux », dans lequel « la machine impose et définit le temps du fleuve et, par contre coup, celle du paysage tout entier » (Gé Bartoli & Gosselin, 2020, p. 26-27). L'électrification des installations hydromécaniques dans le Po au tournant du XX^e siècle transforme un ensemble de convertisseurs déjà organisés en système autour du fleuve, en un système encore plus interdépendant, spécialisé énergétiquement et étendu spatialement (Parinello, 2018). Mais l'eau, dans ses multiples usages, ne peut être réduite à une force motrice, et on peut voir, dans les quatre systèmes énergétiques décrits plus haut (le moulin, le monastère et ses multiples convertisseurs autour de l'eau, la rivière entièrement canalisée dans un but exclusif de production localisée, puis délocalisée) différents degrés de synergies entre convertisseurs et de spécialisation énergétique — et donc différents degrés d'inclusion possibles d'autres usages et manières d'habiter le territoire.

À l'inverse, de multiples exemples remettent en question l'existence de cohérences particulières entre techniques de l'énergie. En effet, celles-ci sont toujours inscrites dans des réalités autres qu'énergétiques, au point que les configurations où elles s'organisent exclusivement autour de la

¹¹ Cité par Gé Bartoli et Gosselin (2020, p. 26), reprenant eux-mêmes Graber et Locher (2018).

mobilisation de l'énergie apparaissent singulières historiquement, bien que dominantes aujourd'hui. C'est ce que nous entendions avec Pierre Teissier en qualifiant les convertisseurs d'énergies renouvelables au XX^e siècle de « sacs de noeuds » technopolitiques (Marrec & Teissier, 2020). Dans leur description de la société chinoise, Debeir et ses collègues (2013, p. 122) décrivent bien une réalité cohérente, mais celle-ci n'apparaît pas spécifiquement énergétique. Le système énergétique chinois, caractérisé par l'énergie humaine, la culture céréalière, l'irrigation et le transport, a au contraire, selon les auteurs eux-mêmes, été étranger à toute « autonomisation d'un secteur énergétique produisant de la force motrice, de l'énergie mécanique en quantité relativement abondante », en raison de la primauté de la culture céréalière, source de « résistances à l'autonomisation de la production d'énergie ». Dans les cités européennes médiévales, la rivière était utilisée pour de multiples usages énergétiques tels que la navigation, le flottage, la meunerie, mais aussi pour des usages domestiques et artisanaux (Spitzbart-Glasl & Winiwarter, 2019), à tel point qu'il peut sembler plus adapté d'appliquer la notion de système à la rivière elle-même qu'à une quelconque entité énergétique qui s'autonomiserait du reste. Dans son analyse « envirotechnique » du Rhône, Sara Pritchard (2011) décrit la rivière comme l'entrelacs de systèmes composés d'éléments naturels et sociotechniques, et dont l'aspect énergétique n'est qu'une des dimensions.

Systèmes et énergie : inerties de deux concepts historiques

La biosphère terrestre est un puissant système énergétique solaire. Les innombrables organismes vivants qui, au cours de milliards d'années d'évolution organique, se sont développés en un système global à la structure complexe, ne peuvent exister que grâce à un flux d'énergie constant. Une créature vivante est une entité matérielle extrêmement « improbable » ; sa désintégration et son approche de l'équilibre thermodynamique ne peuvent être empêchées ou retardées que par un apport d'énergie de haute qualité. Les organismes vivants sont des îlots d'ordre dans un monde chaotique. En tant que systèmes ouverts, ils dépendent de l'exportation de chaleur résiduelle vers leur environnement et ne peuvent maintenir leur haut niveau d'ordre intrinsèque qu'en important de l'énergie de haute qualité (appelée énergie libre) de leur environnement et en libérant de l'énergie diffuse ou de la chaleur à un niveau d'entropie plus élevé. (Sieferle, 2001, p. 1)¹²

¹²Traduction personnelle : « The earth's biosphere is a powerful solar energy system. The innumerable living organisms that have developed into an intricately structured, all-embracing system during billions of years of organic evolution can

La définition même de l'énergie, ainsi que sa portée, est sans doute la première raison dans le présupposé de l'universalité des systèmes énergétiques qui s'exprime dès la première page de l'ouvrage de Rolf Peter Sieferle (2001). Cette notion véhicule un imaginaire puissant, celui de la thermodynamique, dont Cara New Daggett (2019) a examiné la généalogie. Empreinte de l'inscription politique, sociale et culturelle d'un petit groupe de scientifiques et d'ingénieurs protestants impliqués dans le développement industriel, cette science a soutenu la « mise au travail du monde », ainsi que la généralisation à toute chose d'une éthique du travail naturalisée par des grandeurs comme l'efficacité et la productivité. L'énergie se définit ainsi comme vérité cosmique, applicable à tout et toute chose.

[Ainsi, m]uni de la fertile métaphore de la machine et de ses multiples entrées, sorties, et composants, tout et n'importe quoi semblait relié à des dépenses d'énergie, à de l'efficacité, à des pertes. [...] Tout ce qui devait être pris en compte comme une source d'énergie, et par conséquent gouverné par les lois de la thermodynamique, était un terrain mouvant, en expansion perpétuelle. » (New Daggett, 2019, p. 69)

Or, à partir du modèle fondamental de la machine, la notion de système permet de rendre comparables une machine à vapeur, un cheval ou la planète terre. Elle est formalisée après la Seconde Guerre mondiale alors que « le modèle cybernétique devient le schéma théorique de référence implicite à un nombre grandissant de sciences et de pratiques », selon une nouvelle « logique intégrative » (Gé Bartoli & Gosselin, 2020). Le « systémisme », aussi appelé « seconde cybernétique » ou théorie de l'auto-organisation, trouve à partir des années 1970 un large champ d'application dans l'ensemble des sciences, de la nature ou de l'homme et de la société (Lafontaine, 2004, p. 120-125), qui explique l'adoption des approches systémiques par les historien·ne·s des techniques puis par les historien·ne·s de l'énergie.

La tentation de voir des systèmes énergétiques en toute société résulte aussi de la projection sur des réalités passées de configurations

only exist because of a steady flow of energy. A living creature is an extremely 'improbable' material entity; its decay and approach to thermodynamic equilibrium can only be prevented or delayed by a supply of high quality energy. Living organisms are islands of order in a chaotic world. As open systems they depend on the export of waste heat to their environment and can only sustain their high state of intrinsic order by importing high quality energy (so-called free energy) from their environment and releasing diffuse energy or heat to a higher level of entropy. »

sociotechniques contemporaines. Dans le chapitre « L'âge des réseaux », Debeir et ses collègues (2013) soulignent pourtant la nouveauté de filière charbonnière, basée sur l'extraction, le transport et le commerce international d'un combustible devenu marchandise, grâce au réseau de transport maritime, fondement de l'empire britannique. Ce n'est qu'avec l'industrialisation que l'énergie se « constitue [...] en un secteur indépendant et autonome [...] qui jouera un rôle décisif dans la nouvelle économie [capitaliste] » (Debeir et al., 2013, p. 176). En 1865, dans *The Coal question*, l'économiste Stanley Jevons témoigne d'une conscience contemporaine de cette réalité, lorsqu'il relate que « chaque chose qui au premier coup d'œil semblait n'avoir rien à voir avec le charbon, comme l'approvisionnement en eau de la ville, s'est révélée comme l'élément d'un système énergétique fossile entremêlé » (cité par New Daggett, 2019, p. 69). Charles-François Mathis (2021) décrit en détail la « civilisation du charbon », la première à expérimenter l'existence d'une telle configuration énergétique. Ce n'est pas un hasard si Thomas Hughes (1989) et Alain Gras (1997) ont appliqué en premier lieu leurs notions de *large technological system* ou macro-système technique aux réseaux électriques. Ces réseaux, basés sur des infrastructures de plus en plus étendues, développés par des acteurs de plus en plus puissants, sont apparus à la fin du XIX^e siècle. À la filière charbonnière, succède la filière électrique, et à leur suite les filières pétrolière, gazière, filières qui, qu'elles soient concurrentes ou complémentaires, sont devenues interdépendantes et dessinent, à partir du XX^e siècle, un ensemble à l'étendue mondiale exclusivement dédié à la mobilisation de l'énergie (Podobnik, 2006, p. 4-9). De ce processus a résulté une configuration énergétique singulière au XX^e siècle, qu'il semble légitime de désigner comme un système énergétique global, dédié à la mobilisation de l'énergie, isolable du reste de l'univers. Cette nouveauté explique sans doute en partie pourquoi l'histoire de l'énergie, en tant que récit, n'a été que sectorielle jusqu'à récemment. L'énergie, en tant qu'entité totalisante, a pris une existence concrète par structuration et interconnexion progressive des filières énergétiques. La pensée globale de l'énergie dans l'économie ne pouvait naître que dans la mesure où l'énergie existait en effet concrètement de manière globale. Dans les années 1920, les économistes de la Brookings Institution rencontrent des difficultés dans leur volonté de considérer les sources d'énergie globalement, à cause d'une difficile quantification liée à l'hétérogénéité des ressources énergétiques, et de l'absence de statistiques homogènes (Missermer & Nadaud, 2020). Daggett (2019, p. 69) a bien mis en évidence que le champ d'application de l'énergie n'allait pas de soi, et qu'au début des sciences thermodynamiques, l'expansion du domaine des phénomènes pris en compte comme « source d'énergie » et mis au travail,

s'est davantage fondée sur des motivations politiques que sur une rationalité scientifique.

Comme le souligne Tinland (1991, p. 18-19), « nous vivons dans un monde "éclaté", avec ses "régions" d'ordre reliées entre elles par de larges plages d'interactions non stabilisées ». Et si « ces différentes formes de réalité [...] coexistent dans un même monde [...] [et qu']aucune ne peut être absolument isolée de ce avec quoi elle est en situation d'interaction [...], cette condition, déterminant l'appartenance de toute forme de réalité à un même monde, n'implique pas pour autant que celui-ci doive être pensé comme un système de tous les systèmes. » Ainsi, s'il faut appliquer la notion de système, la question est de savoir à quelle réalité, à quels objets : l'intérêt du système comme mode d'entendement des réalités globales réside, justement, non pas dans l'évidence d'une totalité, mais bien au contraire dans sa capacité à distinguer des agencements singuliers¹³.

Interroger les synergies dans l'histoire des techniques de l'énergie, étudier finement le lieu d'inscription des convertisseurs pour remettre en question leur nécessaire intégration dans un système énergétique, était donc la première piste proposée pour ce numéro. La question des synergies amène à celle des inerties, ce qui, à un moment de l'histoire, engendre des orientations dans le devenir des agencements sociotechniques. L'une des forces des approches systémiques est qu'elles donnent un modèle et une interprétation des contraintes structurelles et des possibilités de surgissement créatif dans le domaine technique (Teissier & Marrec, 2019). Utilisant une analogie mécanique, Hughes (1989) parle du *momentum* acquis par le *large technological system* en évolution, et Gras (1997, p. 57), d'« inertie » ou de « moment » pour le macro-système technique. Ces inerties orientent des « trajectoires » technologiques : ainsi une technologie « se développe en suivant un chemin spécifique (*technological path*) sur lequel elle est bloquée ». De même, pour l'énergie, des interactions privilégiées entre les convertisseurs influencent les possibilités d'alternatives. Réévaluer ces synergies permet d'examiner en finesse le poids des structures en place sur

¹³ Une caractéristique fondamentale des systèmes est l'ordonnement spécifique d'éléments en interaction : comme le soulignent Debeir et ses collègues (2013, p. 546) : « dans son sens le plus général, le mot système désigne tout ensemble cohérent d'éléments physiques en interaction et *que des critères pertinents permettent d'isoler de l'univers*. » Frank Tinland (1991, p. 18), cherchant à distinguer les « systèmes naturels » des « systèmes artificiels » (ou « systèmes techniques »), insiste bien sur l'importance de l'autonomie des systèmes qui « font apparaître des conditions d'organisation interne propres à chaque type [de système] considéré, des modalités d'interactions et d'échanges spécifiques, des manières de durer, de se rapporter à la continuité temporelle irréductibles les unes aux autres ».

les évolutions passées, les différents facteurs qui les ont orientées, qu'il s'agisse de la mise en place effective des infrastructures et convertisseurs, ou de possibilités non advenues.

Parmi les facteurs d'inertie dans les structures énergétiques, ce numéro propose, à la suite d'Alain Gras, d'étudier plus particulièrement celle des imaginaires. À l'instar d'Ellul, Gras insiste en effet sur la dimension idéelle des systèmes, que Debeir et ses collègues n'abordent que ponctuellement et non sans une certaine forme de téléologie¹⁴. Il s'agissait de se poser la question, non pas des « freins » à l'innovation, qui poserait le modèle de développement occidental comme une nécessité (Gras, 2007), mais de la singularité des valeurs qui ont fondé le « choix du feu » (Gras, 2003 ; Malm, 2013) et orienté depuis lors le devenir des modes d'utilisation de l'énergie vers des réseaux énergétiques mondialisés. Ainsi, plutôt que de s'étonner du « blocage » des systèmes énergétiques et d'en chercher les raisons, comme on a pu s'étonner du « blocage » des systèmes techniques (Gille, 1978), l'objectif était de poursuivre les investigations ouvrant le passé à d'autres possibles (Fressoz, 2013 ; Jarrige & Vrignon, 2020), en portant l'attention sur les imaginaires dominants dans leurs moments de tension avec des alternatives. Porter ainsi l'attention sur ce qui caractérise les sociétés contemporaines dans leurs rapports à l'énergie semblait une voie pertinente pour comprendre certaines inerties à l'heure d'un indispensable changement.

Les quatre contributions composant ce numéro répondent de manière fructueuse à ces trois grandes interrogations : questionner la manière de penser l'énergie en société, remettre en question les synergies énergétiques en tout temps et en tout lieu, mettre en évidence des inerties imaginaires allant dans le sens de la société thermo-industrielle. Elles couvrent toutes le champ de l'histoire de l'énergie à l'ère contemporaine, avec des approches et des objets variés : histoire de l'architecture bioclimatique (Clément Gaillard), socio-anthropologie des macro-systèmes techniques (Alain Gras), histoire des convertisseurs renouvelables (Anaël Marrec), histoire des usages du charbon (Charles-François Mathis), histoire de la pensée économique de l'énergie (Antoine Missemer).

¹⁴ Debeir et ses collègues (2013) qui portent pourtant une attention remarquablement soutenue à l'inscription sociale des techniques de l'énergie et mentionnent la dimension « mentale » des systèmes énergétiques (p. 14), expliquent ensuite le « blocage » du système énergétique grec antique par le fait que les Grecs n'ont pas inventé le système bielle-manivelle (p. 76), ou démontrent encore que pour la civilisation chinoise, les « voies européennes » se sont « closes » jusqu'à l'ère contemporaine en raison d'une « inertie » sociale et culturelle restreignant le développement énergétique à la force musculaire et la culture céréalière (p. 139).

Les tensions entre pensée globale et singularités

Un premier élément se dégage de ces contributions : si l'énergie est partout, la pensée globale de l'énergie peut gommer des spécificités. Antoine Missemmer fait l'analyse de concepts et pratiques persistants chez les économistes depuis le XIX^e siècle : la distinction fossile/renouvelable, et les pratiques de quantification à visées prospectives et planificatrices. Il montre le décalage qu'il existe entre l'hétérogénéité des sources d'énergie et le caractère homogénéisant de ces catégories et pratiques : les sources d'énergie en usage ont des formes variées qui nécessitent de les considérer selon leurs spécificités physiques, géographiques, et par là même, sociales et économiques. Au vu de la place de l'économie dans les choix énergétiques, ces catégories persistantes et inadaptées (fossiles/renouvelables), couplées aux pratiques d'extrapolation qui fondent l'évaluation des futurs sur les évolutions passées, tendent à orienter l'avenir énergétique dans le sens de tendances passées dont on connaît pourtant les conséquences et les risques.

Dans l'interview, Alain Gras et Charles-François Mathis éclairent l'usage que l'on peut faire de la pensée systémique pour saisir les réalités énergétiques. Sans arriver à une conclusion tranchée sur une manière adéquate d'utiliser la notion de système énergétique, il en ressort, à la fois, que les notions systémiques (système énergétique, système technique, macro-système technique) ont une force heuristique certaine pour appréhender les modes de mobilisation de l'énergie et l'organisation sociale concomitante, et qu'elles permettent d'identifier des singularités dans les sociétés industrielles. Charles-François Mathis, pour décrire la société anglaise à l'époque victorienne, trouve dans la notion de système énergétique un outil particulièrement adéquat : cette société s'est organisée, dans tous les aspects de la vie quotidienne, autour d'une source d'énergie quasiment exclusive, le charbon. L'historien souligne la spécificité historique et géographique de cette situation. Alain Gras affirme quant à lui l'existence inédite des macro-systèmes techniques, et en premier lieu le système électrique, qui trouve aujourd'hui un nouveau degré de cohérence par son couplage avec les réseaux numériques. Les deux systèmes identifiés par les auteurs montrent des tendances similaires : le système énergétique anglais centré sur le charbon et le macro-système électrique décrivent une logique de délocalisation de la source d'énergie à la consommation. Avec le macro-système électrique, puis avec les réseaux numériques, s'opère une invisibilisation des réalités matérielles et sociales engendrées par les modes contemporains de consommation de l'énergie. Poussant au plus loin la remise en question de la pensée globale de l'énergie, Alain Gras remet par ailleurs en question la notion même de convertisseur comme réalité

universelle, et découlant de la pensée ingénierale (et thermodynamique) à laquelle on ne peut réduire toutes les réalités sociotechniques.

Les articles d'Anaël Marrec et Clément Gaillard questionnent quant à eux le lieu d'inscription des convertisseurs, en présentant des dialectiques entre localité des usages et délocalisation de la production par les réseaux électriques, ainsi que les logiques sociotechniques qui les sous-tendent. Ils mettent en récit, à cinquante ans d'écart, des convertisseurs d'une même source d'énergie renouvelable en France, soleil ou vagues, dont le devenir est déterminé par l'inscription dans différents types de configurations sociotechniques. Anaël Marrec met en récit deux projets de houlomoteurs de l'entre-deux-guerres, l'un pensé comme connecté au réseau, l'autre non. Le premier, encadré par des ingénieurs des Ponts et chaussées en charge du réseau électrique, ne reste qu'à l'état d'appareil d'expérimentation, car il s'éloigne trop des ambitions de puissance de ses promoteurs. Le second est mis au point au Musée océanographique de Monaco par son directeur et ses collègues, afin de pomper l'eau dans un aquarium. Il s'inscrit donc dans l'écosystème (technique, social, naturel) du musée, ne passe par aucun réseau et fonctionne pendant plusieurs années. Aucun de ces deux houlomoteurs ne connaît en revanche de postérité, en raison de caractéristiques technico-économiques toujours moins compatibles avec le réseau électrique que d'autres convertisseurs, et liées aux spécificités physiques de l'énergie des vagues. Alors qu'ils cherchent à capter l'énergie solaire pour des besoins domestiques, les promoteurs des techniques solaires passives dans les années 1970-1980 font de l'ensemble du bâti le capteur de l'énergie solaire, sans passer par des réseaux (Clément Gaillard). L'inscription des techniques de l'énergie se fait au niveau même de la maison. À l'inverse, les promoteurs des techniques solaires actives cherchent à brancher des convertisseurs solaires au réseau électrique afin de les rendre similaires aux convertisseurs utilisés classiquement pour le chauffage, sans remettre en question le modèle dominant d'habitat. Pour cette raison, les techniques solaires passives ont reçu moins de soutien des autorités publiques que les techniques solaires actives, qui se sont ensuite plus largement développées.

Ces deux cas montrent l'importance qu'a eue l'inscription ou non de convertisseurs renouvelables dans le macro-système électrique ainsi que le développement et la place croissante de ce dernier au cours du XX^e siècle. C'est parce qu'elle ne s'inscrivait pas dans un système énergétique, mais dans le complexe technique local du musée, que l'ondo-pompe Cattaneo a fonctionné pendant plusieurs années : elle n'entrait pas en concurrence avec d'autres centrales du réseau. Cinquante ans plus tard, c'est, au contraire, parce qu'elles s'inscrivaient dans le macro-système électrique que les

techniques solaires actives ont connu davantage de postérité. Ces devenirs sont liés aux caractéristiques physiques des sources d'énergie et au contexte sociotechnique de l'inscription des convertisseurs, mais aussi à l'imaginaire de leurs acteurs.

Des inerties imaginaires à l'ouverture des possibles

Les articles de Clément Gaillard et Anaël Marrec insistent bien sur ce fait : des mentalités, ou imaginaires techniques, fonctions de l'univers sociopolitiques des acteurs et de leurs motivations, président à l'inscription ou non de convertisseurs dans des systèmes énergétiques. De manière générale, on peut constater la persistance de valeurs techniques, de hiérarchies entre convertisseurs, qui résultent du modèle de la machine thermique : comme le rappellent Alain Gras et Charles-François Mathis dans l'interview, ces valeurs répondent à l'impératif d'extraire, transporter, disposer, ou encore, en reprenant Debeir, de délier les trois concordances de lieu, de temps et d'objets, des sources d'énergie. Dans l'article d'Anaël Marrec, ce sont ces valeurs portées par les acteurs du secteur électrique, orientées dans le sens de la puissance et de la régularité, et vers la connexion au système électrique, qui déterminent l'émergence et orientent le devenir des houlomoteurs de l'entre-deux-guerres vers un échec. Clément Gaillard associe à chaque technique, passive et active, une « mentalité technique » : des valeurs politiques associées à des savoirs techniques et à une inscription sociale. Le solaire passif est défendu par des architectes et ingénieurs valorisant leur connaissance du bâti, et qui ont la volonté de resituer la maîtrise de l'énergie au niveau domestique. L'inertie du système électrique pousse par ailleurs les partisans du solaire actif à promouvoir des convertisseurs connectés, jugés plus performants car plus conformes aux configurations en place. L'article d'Antoine Missemmer illustre merveilleusement, dans le domaine économique, la performativité d'imaginaires persistants et les verrouillages qu'elle induit. Les pratiques quantitatives et d'extrapolation qui ont présidé aux modèles de prévision énergétique des économistes depuis le XIX^e siècle, occultent les dimensions qualitatives des modes de mobilisation de l'énergie, restreignent le domaine des possibles, et entravent la mise en place d'alternatives appropriées en temps de crise énergétique et climatique.

Conclusion

Logements, bureaux, usines, véhicules communiqueront avec eux en permanence, faisant des *smart grids* la colonne vertébrale de l'économie. Il s'agit d'appliquer à l'ensemble de la société les lois de la thermodynamique : la loi de la conservation de l'énergie (rien ne se perd, rien ne se crée, la quantité d'énergie est constante) et la loi d'entropie (déperdition inévitable d'énergie dans un système). Et peu importe si cette dernière est apocalyptique, puisque, à l'en croire, l'énergie va toujours de l'ordre au chaos. C'est aussi sans doute ce qui en fait une loi si opérante pour le pouvoir, étant donné que lui seul peut prétendre « gérer » le chaos. Les processus économiques et physiques devant fusionner, le gouvernement du monde peut alors devenir une machine thermodynamique, un « écosystème autorégulé », mais seulement dans la mesure où il se présente comme le seul ordre possible. (Vidalou, 2017, p. 173-174)

Le modèle des *smart grids* mène au couplage de deux systèmes déjà mondialisés, les macro-systèmes énergétiques et les macro-systèmes numériques, dans un système encore plus large et englobant. Jean-Baptiste Vidalou (2017) suggère qu'il donne technologiquement corps à la promesse des sciences thermodynamiques et cybernétiques, particulièrement préoccupées par la loi de l'entropie, en contribuant à l'extension du domaine des ressources énergétiques, à leur maîtrise et à leur utilisation plus efficace. Les *smart grids* manifesteraient une performativité de l'« ethos thermodynamique », qui perçoit l'énergie-travail comme un donné universel, et l'entropie, théorisée par la seconde loi de la thermodynamique, comme une tare cosmique à corriger par les sciences et la technologie. D'autres auteurs ont souligné les risques non seulement écologiques mais aussi anthropologiques d'un monde où seraient lissées les irrégularités naturelles, exclues les temporalités propres aux existants, un monde où les acteurs connectés au réseau seraient déconnectés les uns des autres et de leurs milieux de vie (Dubey & de Jouvancourt, 2019). Des contestations locales contre des industries éoliennes inscrites dans des logiques d'extension du réseau électrique, comme celles de l'Amassada en Aveyron ou de l'isthme de Tehantepec au Mexique (Vidalou, 2017 ; Dunlap & Correa Arce, 2021 ; Contreras et al., 2022), contre des projets d'enfouissement des déchets nucléaires comme à Bure, ou encore, en Amérique latine, contre les industries minières, pétrolières et hydroélectriques (Claire & Gomez-Barris, 2020) montrent que la mise en ressource énergétique des territoires et leur intégration dans des systèmes mondialisés rencontrent des résistances. Les habitant·e·s de ces lieux contestent leur réduction à des réservoirs d'énergie et les conséquences sociales et environnementales qui en découlent. De telles résistances

territoriales ne sont pas nouvelles et font par exemple écho aux luttes anti-nucléaire et aux critiques de la technologie des années 1970, qui ne montraient pas un rejet de l'énergie, pas plus qu'elles ne rejetaient la technique, mais se sont accompagnées de propositions de techniques à plus petite échelle, « appropriées » par leurs usagers, non exclusivement productives (Jarrige, 2014, p. 278-287).

Les imaginaires sont des vecteurs cruciaux (bien qu'évidemment non suffisants) d'inertie et de changement, comme le soulignent les quatre contributions de ce numéro. Les concepts et métaphores utilisés en histoire ont aussi leur rôle à jouer. Jean-Baptiste Fressoz (2021) a montré récemment que la focalisation sur les questions énergétiques dans l'analyse des changements techniques a masqué des synergies d'une importance capitale (une « symbiose ») entre l'énergie et les matériaux, et que la transition énergétique « projette un passé qui n'existe pas sur un futur qui reste fantomatique ». Malgré ses nombreux avantages heuristiques, la notion de système énergétique porte le risque de projeter une réalité présente (mais ni universelle ni nécessaire) sur le passé et, ainsi, à naturaliser un état de fait contemporain : l'existence de macro-systèmes énergétiques mondialisés. Or, ceux-ci semblent bien davantage alimenter la crise écologique actuelle, en étendant sans cesse le domaine d'exploitation des ressources énergétiques et en créant un monde hors sol, qu'ils n'y apportent de solutions. L'ensemble des contributions ne converge pas vers une définition précise de la notion de système énergétique, ni sur une nomenclature claire dans l'usage de la notion de système en histoire de l'énergie. Il montre cependant qu'une discussion est ouverte entre les personnes qui s'accordent sur l'importance et l'intérêt d'examiner en finesse les modes de mobilisation de l'énergie dans le passé. Alors que l'énergie est devenue un enjeu global, il semble d'une extrême importance d'affûter nos outils d'historien·ne·s pour avoir la compréhension la plus fine des évolutions énergétiques passées, trouver les points de rupture qui ont mené à la situation énergétique contemporaine, saisir son irréductible singularité et d'éventuels leviers de changement.

Remerciements

Je remercie tout particulièrement Jenny Boucard pour ses retours approfondis dans l'écriture de cette introduction. Je remercie également François Jarrige et Jean-Baptiste Bahers pour leurs précieux conseils, ainsi que les membres du Comité de rédaction des Cahiers F. Viète, Josep Simon et Alexis Vrignon, qui ont beaucoup apporté au numéro par leur suivi scientifique.

Références

- BERTRAND Gille, « Machines », dans Charles SINGER, E. J. HOLMYARD, A. R. Hall, Trevor I. WILLIAMS, *A History of Technology, Volume II. The Mediterranean Civilizations and the Middle Ages*, Oxford, Clarendon Press, p. 629-658.
- BONNEUIL Christophe & FRESSOZ Jean-Baptiste (2013), *L'événement anthropocène*, Paris, La Découverte.
- BOUVIER Yves & LABORIE Bernard (éds.) (2015), *L'Europe en transitions. Énergie, mobilités, communications, XVII^e-XXI^e siècles*, Paris, Nouveau monde éditions.
- BRUYERRE Philippe (2020), *La Puissance du vent, Des moulins à vent aux éoliennes modernes*, Toulouse, Presses universitaires du Midi.
- CLAIRE Sarah & GOMEZ-BARRIS Macarena (2020), « Extractivisme énergétique », *Socio-anthropologie*, vol. 142, p. 157-164.
- CONTRERAS Josefa S., ALTAMINARO Norberto & STOP EDF MEXIQUE (2022), « Colonialisme vert et transition énergétique au Mexique : la face cachée de l'extractivisme et du renouvelable industriel », *Mouvements*, vol. 109, p. 130-144.
- DEBEIR Jean-Claude, DELEAGE Jean-Paul & HEMERY Daniel (2013), *Une Histoire de l'énergie*, Paris, Flammarion.
- DUBEY Gérard & DE JOUVANCOURT Pierre (2018), *Mauvais temps. Anthropocène & numérisation du monde*, Paris, Dehors.
- DUNLAP Alexander & CORREA ARCE Martin (2021), « Murderous Energy in Oaxaca, Mexico: Wind Factories, Territorial Struggle and Social Warfare », *The Journal of Peasant Studies*, Février.
- ELLUL Jacques (1977), *Le Système technicien*, Paris, Calmann Lévy.
- FRESSOZ Jean-Baptiste (2013), « Pour une histoire désorientée de l'énergie », *Entropia*, vol. 15, p. 173-187.
- FRESSOZ Jean-Baptiste (2021), « Pour une histoire des symbioses énergétiques et matérielles », *Annales des Mines. Responsabilité & Environnement*, vol. 101, p. 7-11.
- FRESSOZ Jean-Baptiste & JARRIGE François (2013), « L'histoire et l'idéologie productiviste. Les récits de la révolution industrielle après 1945 », dans Céline PESSIS, Sezin TOPÇU & Christophe BONNEUIL (éds.), *Une autre histoire des « Trente glorieuses »*, Paris, La Découverte, p. 61-79.
- GE BARTOLI David & GOSSELIN Sophie (2020), « Une énergétique multispécifique pour une anthropologie inclusive », *Socio-anthropologie*, vol. 42, p. 25-37.
- GILLE Bertrand (1978), *Une Histoire des techniques*, Paris, Gallimard.

- GRABER Frédéric & LOCHER Fabien (2018), « Les eaux de l'industrie », dans Frédéric GRABER & Fabien LOCHER (éds.), *Posséder la nature*, Paris, Amsterdam, p. 129-142.
- GRAS Alain (1997), *Les Macro-systèmes techniques*, Paris, Presses universitaires de France.
- GRAS Alain (2003), *Fragilité de la puissance. Se libérer de l'emprise technologique*, Paris, Fayard.
- GRAS Alain (2007), *Le Choix du feu. Aux origines de la crise climatique*, Paris, Fayard.
- HECHT Gabrielle (2014), *Le Rayonnement de la France. Énergie nucléaire et identité nationale*, Paris, Éditions Amsterdam.
- HUGHES Thomas P. (1993), *Networks of Power. Electrification in Western Society*, Baltimore, John Hopkins University Press.
- JARRIGE François (2014), *Technocritiques. Du refus des machines à la contestation des technosciences*, Paris, La Découverte.
- JARRIGE François & VRIGNON Alexis (éds.) (2020), *Face à la puissance, une histoire des énergies alternatives à l'âge industriel*, Paris, La Découverte.
- KANDER Astrid, MALAMINA Paolo & WARDE Paul (2013), *Power to the People, Energy in Europe over the Five Last Centuries*, Princeton, Princeton University Press.
- LAMARD Pierre & STOSKOPF Nicolas (éds.) (2018), *La transition énergétique : un concept historique ?*, Villeneuve-d'Ascq, Presses universitaires du Septentrion.
- MALM Andreas (2013), « The Origins of Fossil Capital: From Water to Steam in the British Cotton Industry », *Historical Materialism*, vol. 21, n° 1, p. 15-68.
- MASSARD-GUILBAUD Geneviève (2019), « Introduction. De l'histoire des sources et des filières à l'histoire des systèmes et des transitions : comment on a écrit l'histoire de l'énergie », dans Geneviève MASSARD-GUILBAUD & Charles-François MATHIS (éds.), *Systèmes et transitions énergétiques du Moyen-Âge à nos jours*, Paris, Presses universitaires de la Sorbonne, p. 7-42.
- MASSARD-GUILBAUD Geneviève & MATHIS Charles-François (éds.) (2019), *Systèmes et transitions énergétiques du Moyen-Âge à nos jours*, Paris, Presses universitaires de la Sorbonne.
- MARREC Anaël & TEISSIER Pierre (2020), « Les énergies alternatives... Face aux politiques conservatrices », dans François JARRIGE & Alexis VRIGNON (éds.), *Face à la puissance, une histoire des énergies alternatives à l'âge industriel*, Paris, La Découverte, p. 238-263.
- MATHIS Charles-François (2021), *La Civilisation du charbon*, Paris, Vendémiaire.

- MISSEMER Antoine & NADAUD Franck (2020), « Energy as a Factor of Production: Historical Roots in the American Institutional Context », *Energy Economics*, vol. 86, n° C, Février.
- MUMFORD Lewis (1967), *The Myth of the Machine: Technics and Human Development*, New York, Harcourt, Brace & World. Traduction française par Léo DILE : *Le mythe de la machine*, Paris, Fayard, 1973.
- NEW DAGGETT Cara (2019), *The Birth of Energy. Fossil Fuels, Thermodynamics and the Politics of Work*, Durham/Londres, Duke University Press.
- PARINELLO Giacomo (2018), « Systems of Power: A Spatial Envirotechnical Approach to Water Power and Industrialization in the Po Valley of Italy, ca.1880-1970 », *Technology and Culture*, vol. 59, n° 3, p. 652-688.
- PODOBNIK Bruce (2006), *Global Energy Shifts. Fostering Sustainability in a Turbulent Age*, Philadelphia, Temple University Press.
- PRITCHARD Sara B. (2011), *Confluence, The Nature of Technology and the Remaking of the Rhone*, Cambridge/Londres, Harvard University Press.
- SIEFERLE Rolf Peter (2001), *The Subterranean Forest Energy Systems and the Industrial Revolution*, Cambridge, The White Horse Press.
- SMIL Vaclav (2019), *Energy and Civilization: A History*, Cambridge, MIT Press.
- SPLITZBART-GLASL Christina & WINIWARTER Verena (2019), « The Difficult Task of Going with the Flow: the Importance of Riverine Energy for Early Modern Cities », dans Geneviève MASSARD GUILBAUD & Charles-François MATHIS (éds.), *Sous le soleil, systèmes et transitions énergétiques du Moyen Âge à nos jours*, Paris, Éditions de la Sorbonne, p. 45-61.
- TEISSIER Pierre & MARREC Anaël (2019), « Usage des métaphores en histoire de l'énergie : de la dynamique du point à la psychologie des nénuphars », *Artefact. Techniques, Histoire et Sciences humaines*, vol. 11, p. 309-339.
- TINLAND Frank (1991), « L'ouverture anthropologique. Chances et risques », dans Franck TINLAND (éd.), *Systèmes naturels, systèmes artificiels*, Seyssel, Champ-Vallon, p. 17-29.
- VIDALOU Jean-Baptiste (2017), *Être forêts, habiter des territoires en lutte*, Paris, La Découverte.