

---

# Énergie, espace et mouvement : vers un cadre pour théoriser la justice énergétique

---

Alf Hornborg – 2020

---

Résumé :

Cet article tente d'assembler un cadre conceptuel permettant de comprendre dans quelle mesure une technologie de l'énergie est simplement un moyen de faire travailler la nature, et dans quelle mesure elle est un moyen de faire travailler d'autres segments de la société mondiale. Le passage à l'énergie fossile a inversé la relation entre l'énergie et l'espace, puisque les combustibles fossiles ont désormais permis aux nouvelles technologies de transport d'accéder à des espaces de plus en plus vastes. La vitesse est une mesure du temps nécessaire pour traverser un espace donné et, compte tenu d'une certaine masse et d'une certaine quantité de friction, elle peut être exprimée physiquement comme la dissipation d'une quantité donnée d'énergie. Le progrès technique a des implications similaires pour la productivité et la vitesse du travail : tous deux entraînent une augmentation de la dissipation d'énergie exosomatique qui dépend de l'appropriation du temps de travail incorporé et de l'espace naturel.

En dissimulant la dépendance de la technologie industrielle à l'égard des transferts asymétriques de ressources, l'argent à usage général continue de déformer la compréhension conventionnelle de la technologie, même dans la théorie marxiste. Étant donné que la technique est une manifestation du capital, un paradoxe fondamental du marxisme est son aspiration à combiner une critique de l'accumulation du capital avec une vision du progrès technique.

## Introduction

Les technologies<sup>1</sup> de l'énergie sont traditionnellement considérées comme des innovations techniques fondées sur des découvertes politiquement neutres de nouveaux moyens d'exploiter les forces naturelles. L'accès à l'énergie est donc généralement conçu comme une combinaison de savoir-faire technique et d'investissements appropriés dans les infrastructures technologiques. Il s'agit d'une hypothèse omniprésente partagée par les nombreuses voix qui réclament actuellement une transition vers des sources d'énergie renouvelables. En dépit de leurs bonnes intentions, les progrès modestes réalisés à l'échelle mondiale dans le cadre d'une telle transition reflètent les défauts fondamentaux des conceptions courantes de la technologie. Depuis la révolution industrielle, le concept moderne de technologie désigne généralement un moyen purement physique d'exploiter les caractéristiques inhérentes à la nature. Aujourd'hui, la catégorie de la technologie continue de faire référence à un tel domaine naturel

---

1 Les termes, technique et technologie, reviennent régulièrement tout au long de l'article. Ces termes étant très courant dans les deux langues, ils sont à la fois faciles à transposer littéralement de l'anglais au français, mais compliqué à traduire réellement. Pour plus de détail, vous pouvez vous référer aux notes du traducteur. (NdT)

“purifié” (Latour 1993), séparé des relations sociales de pouvoir et de distribution. Mais pour reconnaître pleinement l'imbrication de la nature et de la société dans la technologie, nous devons considérer comment la faisabilité physique d'une technologie donnée est subordonnée aux flux asymétriques de ressources matérielles organisés par le marché mondial. Cela signifie que les technologies énergétiques telles que les moteurs à vapeur, l'énergie nucléaire et les panneaux photovoltaïques doivent être comprises non pas simplement comme des dispositifs permettant d'exploiter les forces naturelles, mais comme des stratégies socio-naturelles visant à s'appropriier le travail incorporé (embodied<sup>2</sup>) et d'autres ressources biophysiques des secteurs moins riches de la société mondiale.

Commençons par nous demander ce que recouvre le concept d'“énergie”. Une réponse courante<sup>3</sup> serait qu'il

---

2 L'utilisation du terme embodied dans le texte original sera précisé tout au long du texte entre parenthèse. Pour plus de détail sur ce choix de traduction, vous pouvez vous référer aux notes du traducteur à la fin du texte.

3 Donc qui ne relève de la vision physicienne de l'énergie, mais de sa compréhension dans le « monde réel », ou plus précisément du domaine des technologies de l'énergie dans notre cas. Plus précisément la définition actuelle en science serait plutôt : La grandeur physique qui se conserve lors de toute transformation d'un système physique fermé – CNRS (NdT)

s'agit d'une force physique présente dans la nature et d'une mesure de la capacité à effectuer un travail. Conformément à ce point de vue, les technologies de l'énergie telles que les moteurs à vapeur, les moteurs à combustion, les centrales nucléaires et les panneaux photovoltaïques sont conceptualisées comme des produits de l'inventivité humaine et dépendent de la connaissance humaine de la nature. La compréhension courante de ces technologies est qu'elles sont des moyens d'exploiter les forces naturelles rendues possibles par l'état des connaissances humaines.

Toutefois, cette vision dominante des technologies de l'énergie est problématique à plusieurs égards. Tout d'abord, la définition de l'énergie comme une mesure de la capacité à effectuer un travail est erronée, car même l'énergie « non disponible », comme la chaleur dissipée dans l'espace, est incontestablement de l'énergie, même si elle ne peut pas effectuer de travail (Illich 2013). La distinction entre l'énergie " disponible " (ou " libre ") et l'énergie " indisponible " n'est d'ailleurs pas simplement fondée sur des caractéristiques physiques, mais dépend de l'état de la technologie. L'énergie fossile, hydroélectrique, nucléaire et photovoltaïque n'était pas "disponible" pour être exploitée par l'homme tant que les technologies

nécessaires n'avaient pas été mises au point. Cela signifie que le concept d'"énergie disponible » est un terme relationnel qui désigne la relation technologiquement médiatisée entre les humains et leur environnement dans un contexte social donné.

En outre, il est rarement reconnu que les technologies par lesquelles des sources d'énergie données sont mises à la disposition de l'homme dépendent non seulement de l'état des connaissances humaines, mais aussi des transferts asymétriques et socialement organisés de ressources biophysiques entre différentes catégories de personnes. L'expansion des technologies de la vapeur pendant la révolution industrielle, par exemple, dépendait non seulement de certaines inventions britanniques, mais aussi de l'appropriation *nette*<sup>4</sup> par les Britanniques de la force de travail incorporé (embodied), de la terre, de l'énergie et des matériaux des périphéries du système mondial des XVIIIe et XIXe siècles. Étant donné que toutes ces ressources biophysiques représentent une certaine mesure d'espace horizontal incorporé (embodied), les technologies de l'énergie peuvent être évaluées non seulement en termes de « rendement énergétique de l'énergie investie », mais aussi en termes de « rendement

---

4 En italique dans le texte original. Dans le sens de net d'impôt.

énergétique de l'espace ». L'extraction verticale de l'énergie fossile n'a pas rendu les terres éco-productives superflues pour l'économie, mais a renforcé et étendu l'accès britannique aux zones terrestres périphériques qui avaient en premier rendu possible l'accumulation des technologies de la vapeur.

En d'autres termes, la catégorie "technologie" ne doit pas être comprise comme une simple référence à la découverte de forces présentes dans la nature, mais comme une stratégie sociale d'utilisation des phénomènes naturels pour générer et renforcer les inégalités sociales. Dans cet article, j'indiquerai comment une telle perspective devrait conduire à une reconceptualisation fondamentale de la notion de « justice énergétique ». Je m'intéresserai particulièrement à la façon dont les différentes formes de technologie représentent des moyens de transposer l'accès à l'énergie en accès à l'espace, et au rôle de la vitesse (vitesse de mouvement) dans la médiation de ces conversions. Mon objectif est de repenser le progrès technique – en impliquant les relations formelles entre l'énergie, l'espace et le mouvement – afin de saisir son essence fondamentale en termes de stratégies globales d'appropriation des ressources. Je soutiens que la faisabilité de toutes ces conversions repose sur le phénomène

culturel particulier du capital monétaire (Hornborg 2019).

Pour développer cette argumentation, je m'appuierai sur les perspectives de divers champs d'investigation tels que la justice énergétique, l'histoire du monde, l'économie politique marxiste, les études scientifiques et techniques, l'analyse des flux matériels, la géographie temporelle et l'anthropologie économique.

### **Perspectives des sciences sociales sur la justice énergétique**

La « justice énergétique », comme la justice environnementale et la justice climatique, est un concept qui dépasse nécessairement le clivage conventionnel entre les sciences naturelles et sociales. En recadrant la question de l'accès à l'énergie, je vais tenter de théoriser certains aspects problématiques, liés à la justice, du consensus largement partagé selon lequel les sociétés humaines devraient viser un avenir énergétique à faible émission de carbone. Nos visions d'un avenir juste et durable devront être fondées sur une compréhension théorique et historique des conditions physiques et sociétales de la justice et de la durabilité.

Après des décennies d'isolement presque total de la théorie sociale, le thème de l'énergie fait actuellement

son retour et remodèle les sciences sociales. Plutôt que de proposer un substrat physique comme déterminant des relations sociales humaines, comme c'était le cas dans certains modèles antérieurs tels que ceux de l'écologie culturelle<sup>5</sup>, plusieurs approches contemporaines explorent la manière dont les processus physiques et sociaux sont entrelacés. Une telle exploration implique nécessairement de théoriser l'utilisation humaine de la matière physique et de l'énergie pour établir et reproduire les inégalités sociales. Elle est donc inextricablement liée aux questions de justice.

Paul Stern, Benjamin Sovacool et Thomas Dietz (2016) ont fourni un aperçu, de certaines approches des sciences sociales, aux dilemmes actuels de l'énergie et du climat, mais leur compilation omet plusieurs des perspectives les plus prometteuses et les plus pertinentes qui remodelent actuellement la théorie sociale. Comme une grande partie de la littérature récente sur la " justice énergétique " (Sovacool et Dworkin 2015 ; Jenkins et al. 2016 ; Heffron et

McCauley 2017), elle reste confinée au niveau théoriquement moins ambitieux de la politique et de la prise de décision. Pour les ingénieurs et les décideurs, leur article semble suggérer que la principale contribution que les sciences sociales pourraient avoir à notre compréhension du dilemme mondial de l'énergie et du climat, est d'étudier les conditions des " choix " et des normes humaines concernant l'adoption (ou le rejet) de technologies de l'énergie spécifiques. Il s'agit d'une représentation très biaisée des diverses considérations relatives à l'utilisation de l'énergie qui sont actuellement discutées dans les sciences sociales.

Pour comprendre comment l'accès à l'énergie est une question de distribution sociale, nous devons nous rappeler le contexte historique de la révolution industrielle. Le passage à l'énergie fossile au XIXe siècle était inextricablement lié au colonialisme britannique, à l'échange asymétrique et au déplacement de la charge environnementale<sup>6</sup> (Pomeranz 2000 ; Hornborg 2013a, 2013b). On peut affirmer que la catégorie " énergie "

---

5 Pour une histoire retrospective, voir Watts 2015 – Watts, M. J. 2015. "Now and then : The Origins of Political Ecology and the Rebirth of Adaptation as a Form of Thought." In *The Routledge Handbook of Political Ecology*, edited by T. Perrault, G. Bridge, and J. McCarthy, 19–50. : Routledge.

---

6 Pollution, impact sur l'environnement – *Environmental loads* en anglais, concept compris dans les *structural loads* défini comme : Une charge structurelle ou une action structurelle est une force, une déformation ou une accélération appliquée aux éléments structurels. – wikipedia EN (NdT)

elle-même est apparue historiquement comme un moyen politiquement neutre de conceptualiser culturellement ces processus sociétaux. Il a été démontré de manière convaincante que l'utilisation de l'énergie fossile jusqu'à aujourd'hui, de manière complexe, implique des processus politiques à différents niveaux d'échelle, du local au mondial (Mitchell 2011 ; Huber 2013 ; Malm 2016) et que ses conséquences sur le changement climatique sont profondément liées aux questions d'échange écologiquement asymétrique ou inégal (Roberts et Parks 2007). À la base de tous ces travaux en sciences sociales, il y a l'ambition de reconceptualiser nos catégories tenues pour acquises dans le domaine de l'énergie afin de comprendre des questions apparemment neutres, pratiques et techniques comme des mystifications culturelles des relations de pouvoir (Strauss, Rupp et Love 2013 ; Tyfield et Urry 2014). Dans la mesure où la fabrication de la technologie photovoltaïque fait appel à une main-d'œuvre faiblement rémunérée et à des minéraux de terres rares dans des parties périphériques du système mondial, un passage à l'énergie solaire durable dans les nations les plus riches (cf. Prieto et Hall 2013) peut revenir à déplacer le travail et les charges environnementales vers les pays plus

pauvres. D'un point de vue critique des sciences sociales, on pourrait affirmer qu'une telle injustice distributive n'est pas simplement une conséquence involontaire de la transition énergétique, mais, comme dans le cas du passage à l'énergie fossile au XIXe siècle mentionné ci-dessus. Cette injustice distributive est fondamentale pour la raison d'être de cette technologie, sous-jacente mais mystifiée. Une logique similaire peut être identifiée dans la décision européenne de se tourner vers l'éthanol de canne à sucre et d'autres biocarburants du Sud. Si les consommateurs euro-américains peuvent être persuadés de passer aux panneaux photovoltaïques et aux carburants à base d'éthanol, cela dépendra dans une large mesure des prix du marché de la main-d'œuvre et de la terre que ces sources d'énergie impliquent.

Plutôt que de considérer la catégorie "énergie" ou même "technique" comme allant de soi, une approche des sciences sociales qui sonde la surface des marchés et des politiques doit donc examiner les technologies de l'énergie comme des stratégies visant à déplacer les charges de travail et les fardeaux environnementaux vers d'autres pans de la société mondialisée. L'exploitation de l'énergie est conventionnellement comprise comme une façon de faire

travailler la nature. Le discours sur la justice énergétique doit impérativement développer des outils conceptuels et méthodologiques pour déterminer dans quelle mesure une technologie de l'énergie est effectivement une simple façon de mettre la nature au travail, et dans quelle mesure elle est une façon de mettre d'autres pans de la société mondialisée au travail. Cela nécessite un cadre théorique qui mette en lumière les continuités entre, d'une part, le travail humain préindustriel, l'esclavage, les animaux de trait, les moulins à vent et les moulins à eau et, d'autre part, le métabolisme des technologies de l'énergie modernes telles que les moteurs à combustion, les générateurs hydroélectriques, les centrales nucléaires, les biocarburants et les panneaux photovoltaïques. Lorsque le travail physique est délégué du corps humain à des systèmes techniques nécessitant des apports continus de ressources naturelles, la dépense d'énergie n'est pas moins liée à l'économie politique qu'à l'esclavage.

La dépendance des techniques modernes à l'égard des transferts asymétriques de ressources révèle une contradiction fondamentale également dans la théorie marxiste, même si ses implications ultimes n'ont pas été explicitées par les théoriciens qui ont perçu le dilemme, comme Matthew

Huber (2008). C'est un euphémisme d'observer qu'"il y a beaucoup de travail à faire pour repenser les concepts marxistes bien établis à travers le prisme écologique de l'énergie » (Huber 2008, 106). S'appuyant sur les idées de Debeir (Debeir, Deléage et Hémery 1991), Altvater (2007) et d'autres, Huber (2008) conclut que l'énergie fossile est une base nécessaire au mode de production capitaliste. Bien que Marx ait montré que la marchandisation de la force de travail était indispensable au capitalisme, Huber concède que l'apparition du travail salarié a précédé la révolution industrielle de plusieurs siècles, voire de plusieurs millénaires. Citant Marx, Engels, Hobsbawm et Altvater, il réitère leur observation fondamentale selon laquelle l'énergie fossile était une condition préalable à la concentration spatiale de la main-d'œuvre qui était si essentielle à la révolution industrielle<sup>7</sup>. En outre, il ajoute de manière importante que les nouvelles technologies de transport impulsées par l'énergie fossile " doivent être conceptualisées comme un aspect interne et nécessaire du mode de production capitaliste " (Huber 2008, 112). Enfin, il conclut que toute vision d'une " économie énergétique

---

<sup>7</sup> Voir Malm (2016) pour une démonstration approfondie de ces conditions et processus historiques

alternative " doit " s'attaquer à l'encastrement profond de l'énergie fossile dans les formes les plus fondamentales de la circulation des marchandises " (Huber 2008, 112). Cependant, bien qu'il nous persuade que le problème ultime est l'énergie fossile – plutôt qu'un mode de production capitaliste qui est visualisé comme en quelque sorte détachable de celle-ci – Huber nous laisse avec quelques questions alléchantes. Il a démontré de manière convaincante que l'énergie fossile est « interne à la vie sociale du capitalisme », mais il n'indique pas comment les conditions d'une « économie énergétique alternative » différeraient de celles des sociétés "précapitalistes" – c'est-à-dire des sociétés sans énergie fossile<sup>8</sup>. Dans la suite de cet article, je vais essayer de sonder plus profondément cette impasse théorique.

### **Les technologies de l'énergie comme systèmes socio-techniques**

Une question théorique majeure soulevée par le concept de justice énergétique est de savoir comment conceptualiser la relation entre ses dimensions naturelles et sociétales. Le

---

8 Dans ce contexte, nous laisserons de côté la difficulté de concilier la théorie de la valeur du travail avec l'observation selon laquelle, au cours du XIXe siècle, « la force productive centrale émergente ne réside pas dans les corps, mais dans les machines » (Huber 2008, 108). J'ai abordé ce paradoxe ailleurs (Hornborg 2019)

terme "énergie" évoque des forces physiques dans la nature, tandis que le terme "justice" fait principalement référence à des principes sociétaux de distribution<sup>9</sup>. Cependant, depuis plusieurs décennies, il existe une forte tendance dans les sciences humaines à critiquer la séparation occidentale conventionnelle de la nature et de la société comme un phénomène culturel qui a historiquement justifié la dégradation de l'environnement mondial. Le mouvement visant à transcender ce dualisme a culminé dans la proposition de Latour (1993) d'abandonner complètement les catégories de nature et de société. Il affirme que cette façon de catégoriser le monde en deux domaines mutuellement exclusifs a été fondamentale pour la modernité occidentale depuis le siècle des Lumières. Latour affirme que cette distinction a été propice à la domination coloniale des peuples et des paysages et aux crises environnementales et politiques. Bien que son raisonnement soit souvent diffus et difficile à suivre, les grandes lignes de son argumentation ont été largement acceptées dans les sciences humaines. Une implication qui a été particulièrement influente dans le

---

9 Le concept de justice énergétique peut également englober des aspects procéduraux et basés sur la reconnaissance (par exemple, Sovacool et Dworkin 2015)

domaine des études scientifiques et technologiques (STS) est que ce qui a été perçu comme des découvertes scientifiques et techniques de caractéristiques intrinsèques et incontestables de la nature sont des constructions contingentes imprégnées de processus sociaux. En ce sens, le naturel et le social sont donc inextricablement mêlés. Une telle approche soulignerait l'argument selon lequel les technologies de l'énergie représentent des stratégies sociales tout autant que des révélations de la nature.

Bien que très éloigné des délibérations ontologiques de la STS, le discours sur la justice énergétique pourrait rapprocher les préoccupations de justice sociale d'une perspective socio-naturelle globale sur l'ontologie de la technique moderne. Le concept de « systèmes socio-énergétiques » de Miller (2014) souligne que les technologies de l'énergie sont des phénomènes sociaux, alors que la notion conventionnelle de STS de « systèmes socio-techniques » (Bijker, Hughes et Pinch 1987) a été indûment limitée à la construction et aux implications socio-culturelles de techniques particulières, sans inclure leurs aspects matériels et métaboliques dans la définition du "social". En bref, nous devons prendre conscience que les flux énergétiques doivent être inclus dans notre

compréhension de la société.

L'aspiration des chercheurs en STS à transcender la distinction conventionnelle entre technologie et société peut être utilement combinée avec l'accent mis par les chercheurs en justice énergétique sur les aspects distributifs des technologies de l'énergie.

Au dix-neuvième siècle, il y a eu un échange conceptuel mutuel entre la physique et l'économie (Mirowski 1989). Alors que l'économie politique marxiste reconnaît intuitivement la force de travail comme un type d'énergie (Burkett 2005), par exemple, les premiers physiciens ont inversement adopté le concept de "travail" de l'économie politique. Ces aspirations longtemps abandonnées à fusionner nos modèles de la nature et de la société dans un cadre théorique commun doivent être reprises de toute urgence si nous voulons saisir les relations complexes entre la politique énergétique, le changement climatique, les inégalités mondiales et la crise financière. Pour comprendre les aspects distributifs mondiaux des technologies de l'énergie en tant que systèmes socio-techniques, nous devons inclure les exigences physiques et métaboliques des sociétés dans la définition même de la société. Cela nous aidera à reconceptualiser minutieusement les technologies de l'énergie en tant qu'instruments

sociaux de déplacement de la charge environnementale. Le système socio-technique ultime n'est autre que l'économie mondiale.

Les aspects distributifs des technologies de l'énergie sont facilement reconnaissables. Il est bien connu que les quantités d'énergie dissipées par personne varient énormément entre les individus de différents pays et classes, reflétant généralement des niveaux de pouvoir d'achat obscènement contrastés (WWF 2016, 74-81). Les grandes disparités mondiales dans l'utilisation des ressources (y compris l'énergie) sont générées et reproduites par le fonctionnement conjoint du marché mondial et des technologies mondialisées<sup>10</sup>. Le phénomène de la technique moderne inaugurée avec la révolution industrielle, généralement perçu comme une progression naturelle, a été rendu possible par la mise en place de l'économie de marché mondiale dérégulée<sup>11</sup>, grâce à

laquelle les flux de ressources asymétriques de l'Empire britannique ont pu se poursuivre au-delà de la fin officielle du colonialisme. Aujourd'hui encore, les régions du monde les plus riches et les plus avancées sur le plan technique sont des importateurs nets de ressources biophysiques telles que le travail incorporé (embodied), la terre incorporée (embodied), l'énergie grise (embodied) et les matériaux incorporés (embodied) (Dorninger et Hornborg, 2015), mais ces transferts nets de ressources restent invisibles pour les économistes néoclassiques préoccupés par les flux monétaires et l'équilibre du marché. Non seulement les flux asymétriques de ressources matérielles sont culturellement invisibles, mais aussi le fonctionnement de la technologie moderne en tant qu'appareil permettant d'orchestrer ces flux.

### **Justice énergétique, espace, temps et argent**

Le discours récent sur la justice énergétique tend à aborder les technologies de l'énergie comme des aménagements qui ont par inadvertance des conséquences distributives qui peuvent être analysées comme des injustices. Ces conséquences distributives injustes sont présentées comme accidentelles, tandis que leur identification et leur examen en tant que problèmes de

---

10 Les technologies développées actuellement sont mondiales, elles n'ont que peu de spécificité locale et culturelle (NdT)

11 *Disembedded* en anglais, qui peut être traduit littéralement par *désincruster/dissocié*. Le terme est utilisé par K. Polanyi dans *La grande transformation* pour opposer *embedded market* et *disembedded market*, qui signifient incrusté ou non dans la société, et qui peuvent être rapprochés d'*économie planifiée* et de *marché dérégulé* en français. (NdT)

justice énergétique sont présentés comme un projet théorique novateur. Une autre perspective, basée sur l'approche de la technologie et de l'échange asymétrique proposée ici, est que la logique distributive des technologies de l'énergie est inhérente, plutôt qu'externe, aux technologies elles-mêmes. Dans cette optique, les implications distributives d'une technologie particulière de l'énergie, en termes d'appropriation et de déplacement, ne sont pas accessoires mais centrales à sa logique sociétale. Cependant, les incitations individuelles favorisant les comportements qui génèrent de tels effets distributifs sont encadrées dans les termes alambiqués des prix du marché, ce qui signifie que les processus de déplacement et d'appropriation de l'espace-temps<sup>12</sup> ne sont pas immédiatement apparents.

Aborder les injustices distributives associées à l'accès à l'énergie comme des problèmes d'ingénierie revient à fétichiser les systèmes techniques

---

12 Space-time dans le texte original. Le concept est forgé par D. Harvey pour définir des innovations techniques (technologie de la communication, du voyage, économiques...) condensant ou étirant les distances spatiales et temporelle. Ce terme diffère de *spacetime* en anglais, théorie de l'espace-temps de Einstein même si cela revêt une même idée. Pour la traduction nous utiliserons le même terme qu'en physique, ce terme semble être aussi utilisé par les personnes reprenant la pensée de D. Harvey.

comme s'ils n'étaient pas empreints d'organisation sociale. Une telle position est liée aux délibérations sur les « conséquences involontaires » des technologies de l'énergie (Andersen 2013). Mais ce qui est " voulu " est une question ambiguë par rapport à la logique structurelle sous-jacente de l'organisation sociale. Même la contribution influente d'Ulrich Beck (1992) à la sociologie se concentre sur les implications sociologiques de la complexité technique croissante, plutôt que sur la compréhension de cette complexité en elle-même comme un phénomène sociologique de déplacement des risques. Ces approches reproduisent l'hypothèse conventionnelle selon laquelle le physique et le technique doivent être considérés comme extérieurs au social. Dans l'ensemble, les sciences sociales ont relégué l'énergie et les flux de matières dans un domaine "naturel" qui est censé être extérieur à leur champ d'intérêt.

La compréhension du fait qu'un passage aux technologies des énergies renouvelables impliquerait un retour des contraintes foncières – c'est-à-dire que l'énergie et l'espace sont des paramètres transposables – fait l'objet d'une attention croissante dans plusieurs disciplines (Bridge et al. 2013 ; Hornborg 2013b ; Huber 2015 ; Smil 2015 ; Huber et McCarthy 2017). Une conclusion concernant cette

transposabilité de l'énergie et de l'espace est que, dans les sociétés préindustrielles, l'espace éco-productif donnait accès à l'énergie, tandis que dans les sociétés industrielles, à l'inverse, l'énergie fossile donne accès à l'espace. Avant l'utilisation des énergies fossiles, la première source d'énergie était l'espace éco-productif, qui fournissait la nourriture et le fourrage pour le travail musculaire ainsi que le bois de chauffage et le charbon de bois. Le passage à l'énergie fossile a inversé la relation entre l'énergie et l'espace, car les combustibles fossiles sont désormais le moteur de nouvelles technologies de transport qui donnent accès à des espaces de plus en plus vastes. Le lien analytique entre l'espace et l'énergie est le temps, car c'est en réduisant la dépense de temps dans le mouvement – c'est-à-dire en augmentant la vitesse – que l'énergie fossile peut donner accès à plus d'espace. En augmentant la vitesse de déplacement, les nouvelles technologies de transport utilisant des combustibles fossiles – initialement les chemins de fer et les bateaux à vapeur, puis les automobiles, les cargos et les avions – ont permis aux secteurs privilégiés de l'économie mondiale d'accéder aux ressources et aux marchés à des distances de plus en plus grandes et donc dans des espaces de plus en plus larges.

L'intégration théorique des aspects distributifs de l'énergie, de l'espace et du temps est facilitée par la référence à la « géographie du temps » développée par le géographe Torsten Hägerstrand (cf. Gren 2009). La vitesse est une mesure du temps nécessaire pour traverser un espace donné et, compte tenu d'une certaine masse et d'une certaine quantité de friction, elle peut être exprimée physiquement comme la dissipation d'une quantité donnée d'énergie. On peut même affirmer que le gain de temps humain représenté par les vitesses croissantes des technologies de transport à base de combustibles fossiles est rendu possible par une conversion du temps géologique incorporé (embodied) dans l'énergie fossile.

Dans un argument proche, David Harvey (1989) a caractérisé la vie urbaine moderne comme une condition de " compression de l'espace-temps ", et il est évident que l'augmentation des vitesses et la réduction des distances spatiales qui sont fondamentales pour cette condition sont conditionnées par une dissipation croissante de l'énergie. La compression de l'espace-temps de Harvey est le résultat du fonctionnement de la technologie moderne, et elle serait impossible sans ce que j'ai appelé l'appropriation de l'espace-temps (Hornborg 2006). Alors que le premier concept se réfère

principalement à l'expérience humaine, le second fait référence à des flux tangibles de ressources matérielles. Comme Harvey est un éminent représentant du matérialisme historique, il conviendrait sans doute que la phénoménologie de la compression de l'espace-temps a un fondement concret dans les flux de ressources matérielles. Le concept de compression spatio-temporelle fait référence à la manière dont la technologie permet à ceux qui y ont accès de gagner du temps et de l'espace, tout en ignorant que du temps et de l'espace peuvent être perdus pour d'autres qui n'y ont pas accès<sup>13</sup>. Il convient de noter que même le discours marxiste sur l'accumulation du capital n'engage pas la matérialité des flux de ressources asymétriques, tels que les transferts

mondiaux quantifiables de travail incorporé (embodied) (Simas, Wood et Hertwich 2015) ou de terres incorporées (embodied) (Lenzen et al. 2012, 2013 ; Yu, Feng et Hubacek 2013). Son souci de justice se concentre sur l'émancipation du travailleur industriel, plutôt que sur les flux mondiaux de ressources qui sont incorporés (embodied) dans la machine industrielle. Les différents contextes des arguments sur la compression de l'espace-temps et l'appropriation de l'espace-temps mettent en évidence le clivage disciplinaire problématique entre le subjectif et l'objectif – le sémiotique et le matériel – bien qu'ils soient manifestement les deux faces d'une même pièce. Les perceptions culturelles et l'organisation matérielle s'organisent mutuellement de manière récursive.

---

13 Je ne dis pas qu'il existe une logique précise à somme nulle selon laquelle le temps ou l'espace gagné à un endroit implique nécessairement une perte correspondante de la même quantité de temps ou d'espace à d'autres endroits, mais que notre compréhension conventionnelle de la technologie et de l'économie nous empêche de voir dans quelle mesure les gains du "développement" sont obtenus au détriment de la main-d'œuvre et des ressources à faible coût ailleurs. Le calcul de ce que j'appelle "l'appropriation temps-espace" (Hornborg 2006, 2013a ; Warlenius 2016 ; Bogadóttir 2016) offre donc une méthodologie pour enquêter sur ce que les théoriciens de la dépendance et les analystes du système mondial ont appelé "l'échange inégal"

Cela nous amène au phénomène crucial de l'argent, ou – dans le discours marxiste – du capital. Le capital monétaire est simultanément sémiotique et matériel. Le lien entre la conception de l'argent et l'organisation de ce que Harvey appelle « l'espace-temps » est un élément central du cadre théorique permettant de conceptualiser la justice énergétique comme une question représentant la confluence de la nature et de la société. S'inspirant de l'étude de Munn (1986) sur l'échange

d'objets de valeur entre les habitants des îles de la côte nord-est de la Papouasie-Nouvelle-Guinée, Harvey (1996) observe que les notions spécifiques de réciprocité inscrites dans des artefacts particuliers échangés génèrent différentes constructions sociales de l'espace et du temps. Si l'on extrapole à la société moderne, cela signifie que ce que l'on appelle l'argent universel, ou d'usage général (Polanyi 1968), est un concept qui établit des échelles spatiales et temporelles de réciprocité – et donc aussi des gammes d'action personnelle – qui diffèrent considérablement de celles générées par l'échange d'objets de valeur dits primitifs en Mélanésie. C'est une autre façon d'observer que l'argent moderne permet à ses possesseurs de s'approprier de l'énergie et des matériaux provenant de zones géographiques beaucoup plus vastes – et de différer et d'accumuler du pouvoir d'achat pendant de plus longues périodes – que ce qui était possible dans les sociétés prémodernes. La conception des artefacts monétaires est donc un déterminant sociétal de la faisabilité de certains types de technologies. Les

flux<sup>14</sup> de signes<sup>15</sup> (flows of signs) dans les sociétés humaines organisent leur métabolisme matériel<sup>16</sup>.

Un autre aspect de la manière dont la monnaie façonne la perception sociale de l'espace et du temps est sa capacité à représenter l'énergie comme du temps. Dans les économies capitalistes modernes, la marchandise qu'est la force de travail est mesurée et tarifiée en termes de temps dépensé, bien que son essence soit l'énergie (Burkett 2005). L'augmentation technologique de la productivité du travail – qui se traduit généralement par des salaires plus élevés – est essentiellement une augmentation de la quantité d'énergie dissipée par heure de travail. L'accumulation de " forces productives

---

14 Les flux sont vue ici dans leur sens de *capitalisme et schizophrénie* de Deleuze et Guatari. « Un corps social, ça se définit bien comme ça : perpétuellement des trucs, des flux coulent dessus, des flux coulent d'un pôle à un autre, et c'est perpétuellement codé, et il y a des flux qui échappent aux codes, et puis il y a l'effort social pour récupérer tout cela, pour axiomatiser tout ça, pour remanier un peu le code [...] » NdT

15 Signe est utilisé ici dans son sens sémiotique, « Un signe est une triade : un *representamen* (signe matériel) dénote un objet (un objet de pensée) grâce à un interprétant (une représentation mentale de la relation entre le *representamen* et l'objet). » NdT

16 Le métabolisme matériel serait l'ensemble des réactions qui se déroulent à l'intérieur d'une société et lui permettent notamment de se maintenir en vie, de se reproduire, de se développer et de répondre aux stimuli de son environnement. NdT

" plus puissantes – c'est-à-dire le progrès technique – a donc des implications similaires pour la productivité et la vitesse du travail : toutes deux entraînent une augmentation de la dissipation d'énergie exosomatique par unité de temps. Tous deux sont aussi, en fin de compte, tributaires de la monnaie. En tant que mesure de la valeur d'échange sociale d'une marchandise, plutôt que des intrants biophysiques dans sa production, la monnaie a une capacité notable à dissimuler – et à orchestrer – les flux de ressources asymétriques sur le marché mondial.

### **Les technologies de l'énergie comme modes de distribution du temps et de l'espace**

Hägerstrand nous a rappelé que la matière et le mouvement sont tous deux des phénomènes spatiaux. Il est peut-être tautologique d'observer, comme il l'a fait, que la matière doit toujours occuper l'espace, et que le mouvement est une activité impliquant l'espace, mais une observation intrigante de sa géographie du temps est que le temps est défini par l'existence et le mouvement de la matière, et que l'accès à l'espace est déterminé par la dépense de temps, c'est-à-dire la vitesse. Il faut ajouter que le mouvement nécessite de l'énergie, et que la dissipation d'énergie sera

proportionnelle<sup>17</sup> à la vitesse. L'accès aux technologies à haute énergie et à haute vitesse est très inégalement réparti dans la société mondiale. Par ailleurs, les technologies de transport telles que l'automobile peuvent atteindre des seuils de rationalité à partir desquels elles sont clairement contre-productives. C'est ce qu'illustre l'argument d'Ivan Illich (2013) sur la vitesse réelle de l'automobile, calculée en divisant la distance annuelle parcourue par le temps consacré à son entretien, à son paiement, etc. De telles observations sur les seuils auxquels il y a des rendements décroissants sur les intrants se retrouvent, par exemple, chez Tainter (1988), Daly (1996), et Hall et Klitgaard (2011). Ces observations doivent être reliées à la question de savoir comment les intrants (input) et les extrants (output) sont socialement distribués ; par exemple, à qui appartient le temps passé – et à quel prix – et à qui appartient ce qui est économisé ?

Une véritable durabilité et une justice énergétique exigeraient toutes deux des contraintes sur la mobilité de la matière, y compris des personnes. Ceci est particulièrement évident lorsque l'on considère les technologies

---

17 Parabolique en réalité, l'énergie est égale au carré de la vitesse, loin de contredire l'auteur, cela à plutôt tendance à conforter sa théorie d'inégalité des échanges. (NdT)

de transport telles que l'aviation et l'automobile. L'argent et la technique sont des dispositifs sociaux qui permettent à certaines personnes de dissiper plus d'énergie que d'autres, ce qui, dans une large mesure, implique des déplacements sous forme de voyages et de transports de marchandises. Ce sont des artefacts permettant de distribuer les ressources naturelles de manière inégale afin de reproduire les inégalités sociales. Bien qu'elles fassent appel à des ressources naturelles, les technologies de l'énergie sont donc intrinsèquement sociales. Étant donné que les technologies de dissipation de l'énergie ainsi que les inégalités dans cette dissipation dépendent du pouvoir d'achat relatif, les efforts pour parvenir à la durabilité et à la justice énergétique – et à une réorganisation de l'espace-temps mondial – doivent entraîner une transformation de la logique même de l'argent (Hornborg 2019).

Compte tenu des préoccupations plus immédiates concernant la conception des technologies des énergies durables, une considération primordiale de la justice énergétique est la mesure dans laquelle la faisabilité d'une technologie particulière à faible émission de carbone, tout en étant subordonnée à des calculs purement monétaires, dépendrait physiquement du transfert

social asymétrique de l'incorporation (embodied) du temps humain et/ou de l'espace naturel. Ce que nous conceptualisons comme "technique" est l'intersection de phénomènes sociaux et naturels, à savoir des rapports d'échange spécifiques et socialement organisés des caractéristiques biophysiques du monde matériel. L'exploitation technique de l'énergie est subordonnée à l'accumulation sociale du capital par l'échange asymétrique de ressources biophysiques.

Cela peut être illustré par les besoins indirects en terres, non reconnus, représentés par les investissements en travail et en capital dans les technologies photovoltaïques pour exploiter l'énergie solaire, qui sont largement supérieurs aux surfaces occupées par l'infrastructure technologique elle-même. Les besoins indirects en terres liés aux investissements en main-d'œuvre peuvent être calculés en multipliant le nombre d'équivalents personnes-années requis par l'empreinte écologique moyenne des travailleurs. Les besoins indirects en terres représentés par les investissements en capital sont plus difficiles à estimer, mais, comme l'illustre le rôle des plantations coloniales dans la génération d'investissements en capital dans les technologies de la vapeur dans la Grande-Bretagne du

XIXe siècle, le capital tend à signifier les profits accumulés par des processus économiques exigeant en fin de compte des étendues d'espace géographique. En outre, il est indéniable que l'argent généré par une économie alimentée par des énergies fossiles implique une empreinte carbone significative.

Fernand Braudel (1992, 65) a observé qu'"il y a toujours eu un certain nombre de personnes privilégiées (de diverses sortes) qui ont réussi à faire reposer sur d'autres épaules les tâches pénibles nécessaires à la vie de tous ». Lorsque le labour des esclaves a été transféré sur les moulins à eau au cinquième siècle de notre ère (Debeir, Deléage et Hémery 1991, 39), cela a pu donner l'illusion que le progrès technique n'impliquait pas l'économie politique, comme l'esclavage. Cependant, le contrôle de ce que Marx appelle les forces productives ou les moyens de production est une manière fétichisée de s'approprier par incorporation (embodied) la force de travail ainsi que d'autres ressources biophysiques. Tout comme l'esclavage, d'autres modes d'utilisation de l'énergie impliquent l'économie politique en tant que partie intégrante de ce que les historiens ont perçu comme un progrès technique. Pour comprendre la transition de l'esclavage aux moulins à eau en tant que phénomène d'économie politique,

il convient de se poser les questions suivantes : Au moyen de quels arrangements sociaux, politiques et économiques les moulins ont-ils été construits ? Qui les possédait et en tirait des bénéfices ? Comment l'accès à des sites adéquats a-t-il été distribué ? De même, nous devrions repenser la révolution industrielle – et le rôle mondial des combustibles fossiles depuis lors – en termes de relations politiques et économiques asymétriques qui ont permis à certaines parties du monde d'accéder à la main-d'œuvre et à la terre d'autres parties. Enfin, alors que nous envisageons une transition vers diverses formes de systèmes à énergies renouvelables et à faible émission de carbone, il nous incombe de poser la même éternelle question : Dans quelle mesure ces techniques sont-elles tributaires des différences mondiales du prix de la main-d'œuvre et de la terre, qui génèrent des transferts sociaux asymétriques d'incorporation (embodied) de temps humain et d'espace naturel ? Par exemple, la raison d'être de l'importation d'éthanol de canne à sucre du Brésil ou de panneaux photovoltaïques de Chine est-elle en fait l'appropriation de terres incorporées (embodied), de travail incorporé et de matériaux incorporés ? Ce n'est qu'en abordant les systèmes techniques de cette manière que nous

pourrons accorder l'importance voulue à la manière dont ils interfèrent avec des aspects de la nature et de la société.

En élargissant notre perspective sur les technologies de l'énergie dans ce sens – d'une focalisation sur leurs performances techniques locales à une compréhension de leurs conditions globales – nous sommes amenés à reconceptualiser même des mesures apparemment incontestables de l'efficacité physique telles que le concept de densité de puissance de Vaclav Smil (2015). La densité de puissance fait référence à la surface terrestre requise par watt d'énergie exploitée et s'exprime en W/m<sup>2</sup>. Comme le watt (W) est une mesure de l'énergie par unité de temps, le W/m<sup>2</sup> considère l'énergie à la fois par rapport au temps et à l'espace. Ce concept éclaire utilement la transposabilité de l'espace et de l'énergie que j'ai abordée dans cet article, mais il se limite à considérer l'étendue spatiale de la source d'énergie et de l'infrastructure technologique nécessaire. Il ne tient donc pas compte des superficies de terrain requises ailleurs pour rendre possibles les investissements dans cette infrastructure. Par exemple, les observations de Smil (2015, 195) sur la densité de puissance " punctiforme"<sup>18</sup> "

---

18 Qui a la forme, la taille d'un point. (NdT)

unique des combustibles fossiles<sup>19</sup>, bien que valables en termes d'avantages pour faciliter les déplacements de charges environnementales par le biais du commerce, ne tiennent pas compte des besoins en terres du capital et de la main-d'œuvre nécessaires pour investir dans les technologies (comme l'énergie à vapeur) pour exploiter l'énergie fossile au départ. Dans un sens global et interdisciplinaire, les plantations de coton et les empreintes écologiques de la main-d'œuvre britannique et afro-américaine devraient être considérées comme faisant partie de la superficie totale requise pour l'exploitation du charbon dans la Grande-Bretagne du XIXe siècle.

De ce point de vue, les combustibles fossiles ne sont pas une source d'énergie aussi punctiforme que l'affirme Smil et, à moins que les technologies permettant de les exploiter ne soient considérées comme acquises, leur densité de puissance est très inférieure à celle de son calcul technique. L'argument est formellement similaire au concept de rendement énergétique sur l'investissement énergétique (EROEI)

---

19 Les avantages du caractère punctiforme des sources d'énergie fossiles ont été soulignés par des historiens tels que Wrigley (1988) et Siefert (2001), et récemment réitérés par les géographes Huber et McCarthy (2017)

en suggérant un ratio de rendement énergétique sur l'espace (EROS)<sup>20</sup>. Les technologies de l'énergie ne sont pas seulement des instruments locaux pour exploiter la nature, mais des incarnations (embodiment) accumulées à l'échelle mondiale de ressources échangées de manière asymétrique, notamment le travail, l'énergie, les matériaux et la terre. La raison pour laquelle nous rejetons instinctivement l'idée que les besoins indirects en terres représentés par l'accumulation de capital devraient être inclus dans l'évaluation de la densité de puissance d'une technologie est que nous avons l'habitude d'exclure la technique physique « elle-même » – comprise clairement comme une exploitation politiquement neutre de la nature – de son contexte social global<sup>21</sup>. Nous devons néanmoins garder à l'esprit

---

20 Même si l'on ne dispose pas actuellement d'une quantification précise à l'appui de cet argument, le fait que les investissements dans les infrastructures technologiques représentent des bénéfices provenant de – et donc des revendications sur – des zones terrestres situées ailleurs est incontestable.

21 Il convient de noter que les matérialistes historiques tels que Huber et McCarthy (2017), qui se réfèrent au concept de densité de puissance de Smil pour soutenir qu'une transition vers les technologies à énergie renouvelable entraînerait une plus grande demande de terres, ne tiennent pas compte des besoins indirects en terres impliqués par l'accumulation de capital pour l'investissement dans ces technologies.

que le potentiel technique du cœur d'un système mondial s'appuie sur les ressources de l'ensemble du système, et que le fonctionnement physique des technologies de l'énergie ne devrait pas être isolé de l'économie politique globale des flux de ressources qui les rendent possibles.

Une telle refonte de l'ontologie de la technique prend au sérieux la conviction fréquemment exprimée dans les sciences humaines que la manière conventionnelle de délimiter “nature” et “société” doit être révisée. Plutôt que de rester les rêveries de quelques philosophes symboliques représentant les distractions imaginatives d'un domaine des disciplines environnementales<sup>22</sup>, empêché à jamais de contaminer les aspects pratiques, techniques et économiques, du business-as-usual, les idées sur l'interférence incontestable de la société et de la nature doivent être autorisées à éclairer l'impasse d'une transition tant attendue mais toujours insaisissable vers les technologies des énergies renouvelables. Expliquer l'échec d'une telle transition en termes de manque de capital n'est finalement qu'une façon alambiquée de dire que la constitution matérielle des techniques

---

22 *Environmental humanities* dans le texte, champs de recherche interdisciplinaire comprenant les disciplines comprenant l'environnement (littérature, philosophie, histoire science et technique...

envisagées nécessite plus d'espace que ce qui est socialement accessible.

### **Peut-on calculer l'équivalent terrestre du capital monétaire ?**

Que représente la monnaie ? Les économistes critiques ou hétérodoxes partent du principe qu'elle doit représenter quelque chose de "réel". Les marxistes affirment qu'elle représente idéalement la « valeur réelle » d'une marchandise en termes de temps de travail incorporé (embodied). Les économistes écologiques proposent qu'elle représente les ressources physiques disponibles telles que l'énergie ou la valeur des services écosystémiques. Mais ces deux types d'approches semblent inutiles dans une économie entièrement financiarisée où la somme totale de l'argent en circulation dans le temps n'a aucune relation cohérente avec la somme une fois incorporé (embodied) du travail ou des ressources naturelles. L'abandon de contraintes financières telles que l'étalon-or de Bretton Woods ou le principe de la réserve intégrale – selon lequel les banques ne pourraient pas créer de la monnaie de crédit indépendamment des volumes d'actifs financiers dont elles disposent – a rendu de plus en plus évident que la monnaie est un signifiant flottant sans aucun signifié concevable. Cette situation signifie qu'il ne semble pas y

avoir de limites à la croissance économique, mais qu'il peut y avoir des écarts croissants entre le débit de la monnaie, d'une part, et des paramètres matériels tels que le temps de travail ou les stocks de ressources naturelles, d'autre part. Le phénomène de la financiarisation est donc propice à un arbitraire croissant dans la fixation des prix du temps de travail et des ressources naturelles sur le marché mondial, ce qui favorise l'accroissement des inégalités économiques et la dégradation de l'environnement.

Pour évaluer la rationalité globale d'une certaine technique, nous devrions établir un coefficient de terre-travail (land-and-labor) du capital. J'écris « terre-travail » pour indiquer que la terre et le travail sont physiquement imbriqués. Le fait que chaque travailleur ait une empreinte écologique annuelle signifie qu'une mesure du temps de travail telle qu'un « équivalent personne-année » peut être traduite en terre. Même si nous soustrayons la partie de la consommation du travailleur qui n'est pas pertinente pour la reproduction de sa force de travail, l'énergie alimentaire requise pour reproduire le travail peut être traduite en une surface terrestre bidimensionnelle. Un plus grand défi consiste à traduire le capital en besoins en terres. Nous pouvons reconnaître en termes

généraux, par exemple, que le capital nécessaire à l'accumulation des technologies de la vapeur dans les usines textiles de la Grande-Bretagne du XIXe siècle reposait sur de vastes étendues de plantations outre-mer, mais l'incalculabilité de cette transformation de la terre et du travail en capital industriel nous a empêchés de comprendre le progrès technique en général comme un processus de déplacement géographique. L'argent étant impossible à traduire en terre-travail, la rationalité de la technique ne peut être évaluée en termes d'espace et de temps. Les analyses conventionnelles coûts-avantages et entrées-sorties ne sont pas susceptibles de nous dire si, par exemple, un appareil de cuisine donné permet finalement d'économiser l'espace-temps mondial ou s'il ne fait que le redistribuer. Nous pouvons comprendre intuitivement qu'une technique donnée représente un gain de temps humain et d'espace naturel pour une certaine catégorie sociale au détriment du temps et de l'espace perdus pour une autre, mais le caractère insaisissable de l'argent fait obstacle à toute aspiration à établir de tels déplacements d'une manière quantitativement précise.

Lorsqu'un individu ou une nation investit dans un artefact technique, il n'y a actuellement aucun moyen de connaître le rapport entre l'espace-

temps gagné et l'espace-temps perdu. Le prix monétaire de l'artefact ne nous dit rien à ce sujet. Nous ne pouvons pas estimer le rapport entre la quantité totale de temps de travail et de ressources naturelles investie dans la fabrication et le transport de l'artefact, d'une part, et le temps et l'espace économisés par le consommateur, d'autre part. L'évaluation de la rationalité de la transaction est exclusivement basée sur le pouvoir d'achat relatif des producteurs et des consommateurs sur le marché. Bien que les mesures actuellement concevables dont nous disposons soient très grossières, une approximation provisoire et grossière de l'appropriation technique de l'espace-temps peut néanmoins indiquer la direction vers laquelle cette recherche devrait tendre. Comme nous l'avons mentionné, les équivalents en terre du travail peuvent être dérivés des estimations des empreintes écologiques, mais établir l'équivalent en terre du capital pose d'énormes problèmes. C'est une chose de reconnaître, comme une condition générale et incontestable, que l'accumulation du capital est basée sur l'exploitation de l'espace naturel, mais c'en est une autre d'établir une méthode quantitative pour retracer ces calculs. Une option possible serait de se baser sur le fait que (1) environ 85 % de toute l'énergie commerciale

utilisée dans le monde provient des combustibles fossiles et que (2) on peut attribuer à l'utilisation des combustibles fossiles une empreinte écologique moyenne par unité d'énergie dissipée. Une façon de calculer l'empreinte de l'utilisation de l'énergie fossile est d'estimer la surface terrestre nécessaire à la séquestration de ses émissions de dioxyde de carbone. Une empreinte carbone provisoire par dollar américain pour une année donnée pourrait être calculée en multipliant l'utilisation mondiale d'énergie fossile (en MW) par l'empreinte carbone moyenne résultant de la combustion de combustibles fossiles (en hectares/MW), puis en divisant le PIB mondial par ce chiffre et enfin en le multipliant par 85 %. Pour montrer que ce type de calcul n'est pas totalement irréalisable, le chiffre obtenu correspondrait approximativement à l'équivalent en terres de l'argent, ce qui nous permettrait d'évaluer dans quelle mesure les investissements en capital dans des techniques censées économiser les terres reviennent en fait à déplacer les besoins en terres ailleurs.

## Conclusion

Dans un effort pour repenser fondamentalement le concept de « justice énergétique », cet article met en lumière certaines implications du

fait que l'argent, l'énergie et l'espace sont transposables par la technique. Cette approche pourrait être appelée économie "topologique". L'un des thèmes clés de la topologie – communément appelée « géométrie de la feuille de caoutchouc<sup>23</sup> » – est que des phénomènes apparemment disparates peuvent être compris comme des transformations les uns des autres, rendues possibles par certains principes ou algorithmes non arbitraires. Pour la plupart des théoriciens de la culture, ces perspectives structuralistes sont applicables aux phénomènes sémiotiques, mais pas au monde matériel auquel ils se réfèrent. Dans cet article, en revanche, j'ai soutenu que les techniques sont en fin de compte des liens dans des séquences de transformation par lesquelles l'espace, au moyen du capital, est converti en énergie, et vice versa. En théorie, les conditions de ces transformations devraient pouvoir être spécifiées en termes quantitatifs. Par exemple, combien d'hectares de terres de plantation et d'heures de travail, à un coût spécifique par rapport au prix du marché des textiles en coton à un moment donné, produiront la somme de capital nécessaire pour investir dans une

---

23 Traduction littérale d'une expression principalement utilisé dans le monde anglo-saxon et venant d'un livre du même nom de Johnson & Glenn (NdT)

certaine échelle de technologie à vapeur ? Et inversement, à quelle échelle les technologies de la vapeur permettra-t-elle d'obtenir un volume de coton textile qui pourra être échangé contre la récolte d'une surface de plantation donnée ?

Nous avons vu que les technologies de l'énergie nous incitent ainsi à réexaminer notre distinction conventionnelle entre le naturel et le social. Il s'agit de phénomènes socio-naturels, mais nous avons tendance à supposer qu'ils renvoient et présupposent un domaine de réalité politiquement neutre qui attend d'être plus amplement révélé. Il existe incontestablement un cadre objectif qui définit les limites ultimes de ce que l'homme peut potentiellement accomplir, mais le rôle de l'économie de plus en plus mondialisée dans la mise en œuvre locale de diverses techniques démontre que ce cadre n'est pas exclusivement "naturel". L'économie mondiale fait interférer le potentiel physique de la nature avec le potentiel de redistribution de la société mondiale, permettant à des catégories privilégiées de personnes de voyager dans des avions ou des navettes spatiales alimentés par des énergies fossiles miraculeusement disponibles, de plus en plus « non conventionnelles », dont l'extraction est financée par des instituts financiers de plus en plus éloignés des

contraintes physiques de notre biosphère.

L'état des connaissances en matière d'exploitation de l'énergie naturelle n'est pas non plus une progression au sens où de nouvelles inventions s'ajoutent aux précédentes, les techniques antérieures – telles que celles permettant d'utiliser des animaux de trait dans l'agriculture et les transports, ou l'énergie éolienne pour les moulins à vent et les voiliers – ayant tendance à être abandonnées et non disponibles pour la majorité de la population. Si les technologies de pointe actuellement conditionnées par une économie mondialisée venaient à faire défaut, il ne serait pas facile de revenir aux techniques employées par les générations précédentes. Les populations modernes ont donc tendance à être imbriquées dans des systèmes de flux de ressources mondiaux qui sont si essentiels à leur survie que des perturbations de ces flux auraient des conséquences très graves. Cela s'applique de manière très inquiétante à leur dépendance vis-à-vis des infrastructures modernes qui leur fournissent de l'énergie alimentaire.

Le concept d'"énergie" est une catégorie culturelle conçue à l'interface entre la physique et l'économie (Mirowski 1989 ; Illich 2013). Le travail humain et les objets

de consommation étant devenus des marchandises sur le marché, tous deux peuvent être quantifiés en termes d'argent ainsi que en termes d'énergie (grise (embodied))<sup>24</sup>. La vente de l'énergie du travail humain et l'achat de biens de consommation par le travailleur peuvent être considérés comme une conversion du travail, par le biais de l'argent, en consommation, c'est-à-dire en énergie du travail – argent – énergie grise (embodied) des marchandises (E – M – E1).

L'abstraction et la dissociation de l'énergie dans ces transformations de marchandises est le point de départ de l'expansion des cycles de consommation. Le remplacement historique de l'idéal d'une faible efficacité énergétique (frugalité des ressources) par l'idéal d'une efficacité énergétique élevée (conçue en termes d'analyse monétaire des coûts et des bénéfices) a entraîné le passage à une rationalité moderne qui génère une dégradation accélérée de l'environnement et l'appropriation du travail incorporé (embodied) d'autres personnes.

L'histoire des idées sur la façon dont les techniques d'exploitation de l'énergie inorganique ont impliqué des transformations des relations humaines avec l'espace ou la terre peut être divisée en trois approches. La première se concentre sur l'observation que le recours à l'énergie fossile représente une émancipation de la terre (Wrigley 1988 ; Sieferle 2001). Elle a favorisé la conclusion de Ricardo selon laquelle d'autres facteurs de production – principalement le capital – peuvent se substituer à la terre, et elle a été à la base de l'émergence de l'économie néoclassique. La seconde reconnaît qu'un régime d'énergie renouvelable post-fossile équivaldrait à un retour des contraintes foncières (Smil 2015 ; Huber et McCarthy 2017). Cette conclusion est en accord avec la conviction que la terre n'est pas substituable, comme c'est le cas dans le domaine de l'économie écologique. Enfin, une troisième position soutiendrait, comme je l'ai fait dans cet article, que toutes les technologies modernes de l'énergie représentent des accumulations de capital qui, en fin de compte, nécessitent de la terre et du travail ailleurs. Le "capital" représente la terre et le travail d'autres personnes. Dans cette optique, les technologies de l'énergie sont des instruments de redistribution de l'espace et du temps dans la société

---

24 Même si l'on ne dispose pas actuellement d'une quantification précise à l'appui de cet argument, le fait que les investissements dans les infrastructures technologiques représentent des bénéfices provenant de – et donc des revendications sur – des zones terrestres situées ailleurs est incontestable.

mondiale. Dans cette perspective, la question de la « justice énergétique » est intrinsèque au phénomène même de la technologie moderne. Une telle vision semble incompatible non seulement avec les visions écomodernistes dominantes de l'avenir de l'humanité, mais aussi avec les tendances prométhéennes des approches hétérodoxes de la durabilité globale.

### Notes du traducteur :

Le travail de traduction a été réalisé par une personne non-spécialiste, ni de la traduction, ni de la discipline économique. Ce qui entraîne possiblement quelques erreurs de traduction sur ces concepts. J'espère toutefois ne pas avoir trop changé le sens de l'article. Voici quelques précisions quant aux difficultés de traduction qui ont pu être rencontrés.

- **Embodied** : incorporé, incarné, matérialisé, concrétisé, intégrer, englobé

L'emploi du terme embodied dans le texte semble compliqué à traduire en français. L'auteur a déjà écrit un article en collaboration avec Dorninger pour détailler plus précisément l'usage du terme embodied.<sup>1</sup> Bien que le sens incorporé puisse être utilisé et compréhensible, les concepts et les façons d'utiliser ce mot ne sont exactement pas les mêmes. Le mot embodied en anglais est utilisé dans plusieurs situations alors qu'en français, la même idée peut être utilisée par plusieurs mots selon les disciplines.

Le choix de traduction a été fait de conserver incorporé comme traduction littérale pour les usages où le concept n'existe pas réellement en français, bien que d'autres mots

puissent être plus appropriés. Toutefois une précision sera apportée à chaque usage du mot embodied dans le texte original.

- Embodied labor : Par exemple, l'usage le plus fréquent dans le texte est son association avec le terme labor, embodied labor signifiant littéralement travail incorporé. L'embodied labor correspond au travail incorporé dans une marchandise lui donnant sa valeur. Il recoupe le concept de valeur-travail utilisé en français qui indique que la valeur d'un bien est fonction de la quantité de travail qu'il incorpore.

- Embodied energy : le terme français utilisé est énergie grise, ce qui correspond à la quantité d'énergie consommée lors du cycle de vie d'une marchandise : la production, l'extraction, la transformation, la fabrication, le transport, la mise en œuvre, l'entretien et enfin le recyclage, à l'exception notable de l'utilisation.

### - Technique et technologie

L'utilisation des deux termes ne sont pas identiques en France et dans le monde anglo-saxon, bien que les deux termes puissent être transposés facilement, technique/technical (adj), Technique/technique (nom) et technologie/technology (ainsi que

ingénierie/technics, qui n'est pas utilisé dans le texte), il ne renferme pas les mêmes concepts.

L'image la plus parlante pour se référer à cette différence conceptuelle est la traduction de la discipline s'intéressant à ce sujet, philosophie de la technique/ philosophie of technology. L'usage anglais de technology semble de plus en plus s'imposer en français, utiliser pour nommer par exemple les technologies de l'énergie, de la vapeur... alors qu'historiquement le terme technique recouvrait plutôt ce sens.

De plus le terme technologie a une définition floue en France pouvant avoir plusieurs significations, à savoir, technique hi-tech, ensemble de techniques se regroupant dans un groupe, et discours sur les techniques (propre à la philosophie de la technique)

La traduction a donc été faite au mieux, essayant d'être le plus précis dans les termes sans pour autant trop sortir de l'usage courant qui est fait de ces mêmes termes. Ce choix est loin d'être parfait, il rend la lecture sûrement un peu plus simple, mais n'est au final pas vraiment correct conceptuellement.

