

La décarbonation : le savant, l'industriel, le salarié et le politique

Decarbonization: the scientist, the industrialist, the employee, and the politician

Sophie Boutillier¹

¹ Centre de recherche sur l'innovation et les stratégies industrielles (ISI), Laboratoire de Recherche sur l'Industrie et l'Innovation, Université du Littoral-Côte d'Opale, Sophie.boutillier@univ-littoral.fr

RÉSUMÉ. La question dite de la décarbonation s'est officiellement invitée dans les débats politiques au début des années 2000, mais la science et la technologie n'évoluent pas selon la même chronologie. Pour la question du changement climatique d'origine anthropique a été identifiée par les scientifiques dès le 19^e siècle, période pendant laquelle l'industrialisation basée sur des technologies alimentées par les énergies fossiles commence. Le 20^e siècle a été pour sa part à la fois marquée par la poursuite de cette trajectoire en termes d'industrialisation, mais aussi par la création d'institutions internationales (telles que les COP, le GIEC) pour limiter les émissions de CO₂. Pour limiter le changement climatique et ses conséquences économiques, sociales et humaines qu'il provoquera, le mot d'ordre est de « décarboner », donc réduire les émissions de carbone. Mais, la réalité est beaucoup plus complexe.

ABSTRACT. The issue of decarbonization officially entered political debates in the early 2000s, but science and technology do not evolve according to the same chronology. The issue of anthropogenic climate change was identified by scientists as early as the 19th century, when industrialization based on fossil energy began. The 20th century was marked both by the continuation of this trajectory in terms of industrialization based on technologies powered by fossil energy, and by the creation of international institutions (such as the COP, the IPCC) to limit CO₂ emissions. To limit climate change and its economic, social and human consequences, the watchword is “decarbonization”, i.e. reducing carbon emissions. But the reality is far more complex.

MOTS-CLÉS. Décarbonation, industrialisation, croissance économique, technologie, science.

KEYWORDS. Decarbonization, industrialization, economic growth, technology, science.

1. Introduction

Depuis le début des années 2000, la question de la décarbonation des activités économiques dans leur ensemble, de l'industrie et des transports en particulier, semble s'être imposée comme une évidence auprès des responsables politiques, des industriels et des scientifiques, voire de l'ensemble de la société (consommateurs, organisations syndicales, associations, organisations non gouvernementales). Les entreprises affichent volontiers leur stratégie en matière de décarbonation et font la promotion de leur capacité à concilier intérêts économiques et préservation de la planète en affichant leurs objectifs pour atteindre la neutralité carbone d'ici à 2050, conformément à la réglementation internationale. Sur le plan académique, on ne peut que constater l'augmentation exponentielle des publications scientifiques sur ce sujet depuis le début du 21^e siècle. Tous champs disciplinaires confondus (sciences humaines et sociales, et sciences physiques, biologie, chimique, etc.), le nombre de publications annuel est passé de 26 en 2000, à 4796 en 2024. Ce sont principalement des publications en physique, chimie, sciences de l'ingénieur. Les sciences humaines et sociales (incluant le management et l'économie) représentent moins de 10% du total¹. Cette forte

¹ [https://www-scopus-com.ezproxy.univ-littoral.fr/term/analyser.uri?sort=plf-\(f&src=s&sid=ca9e961509221448ca13585188aa658a&sot=a&sdt=a&sl=68&s=TITLE-ABS-KEY%28decarbonization%29+AND+PUBYEAR+%3e+1999+AND+PUBYEAR+%3c+2026&origin=resultslist&count=10&analyzeResults=Analyze+results](https://www-scopus-com.ezproxy.univ-littoral.fr/term/analyser.uri?sort=plf-(f&src=s&sid=ca9e961509221448ca13585188aa658a&sot=a&sdt=a&sl=68&s=TITLE-ABS-KEY%28decarbonization%29+AND+PUBYEAR+%3e+1999+AND+PUBYEAR+%3c+2026&origin=resultslist&count=10&analyzeResults=Analyze+results)

augmentation traduit certes un intérêt certain pour ce sujet, qui est largement alimenté par des financements publics et privés, à l'heure où selon le terme consacré, il faut se préparer pour la transition énergétique, ou à la transition écologique ou à la transition climatique... L'idée serait de passer à une économie que d'aucuns qualifient de « post-fossile » ou d'« économie verte », comme s'il s'agissait simplement de changer de sources d'énergie pour contrecarrer le réchauffement climatique, sans se questionner sur les modalités de production de ces nouvelles énergies et des impacts négatifs qu'elles peuvent également avoir sur le plan environnemental. Sans compter qu'une source d'énergie comme le charbon et plus encore comme le pétrole, est aussi un intrant pour la production d'une grande variété d'autres produits, notamment les plastiques.

Pourtant en dépit de la multiplication des travaux scientifiques sur la décarbonation, entre 1998 et 2023, la production mondiale de pétrole a augmenté : de 3 528,3 à 4514,1 millions de tonnes², c'est-à-dire sur la même période marquée par l'augmentation de la production scientifique sur ce sujet. Selon le dernier bilan du Global Carbon Project, 2024 a été l'année au cours de laquelle ont été brûlés le plus de charbon, de pétrole et de gaz sur Terre³. Et ceci, alors que les conférences internationales (telles les COP ou Conférences des Parties) et les rapports du GIEC (Groupe d'Experts Intergouvernementaux sur l'Evolution du climat) cherchent à mobiliser les Etats et les entreprises pour réduire précisément leurs émissions de GES. Face à cette situation, on peut raisonnablement s'interroger sur le rôle effectif joué par ces organisations internationales. La première COP a eu lieu en Allemagne en 1995. Le GIEC a été créé en 1988 sous la pression du G7, alors que Ronald Reagan et Margaret Thatcher étaient au pouvoir... Nous reviendrons sur ce sujet dans le cadre de cet article.

Il n'existe pas certes de corrélation entre ces deux séries d'observation, entre l'augmentation du nombre de publications scientifiques sur la décarbonation et l'augmentation de la production pétrolière mondiale. Mais les faits sont troublants. Par ailleurs, si l'on s'en tient à la définition officielle de la décarbonation, celle du ministère français de l'économie, elle est très floue. Selon cette définition, la décarbonation est « l'ensemble des mesures et des techniques permettant de réduire les émissions de dioxyde de carbone »⁴, tout semble facile. Mais derrière cette apparente simplicité, c'est toute une logique économique qui a débuté au début du 19^e siècle, qui doit être remise en question. Cependant, les responsables politiques ne la questionnent pas. La logique de fonctionnement de l'ensemble d'un système socioéconomique, basé sur la croissance continue du PIB (Produit Intérieur Brut) qui doit être pourtant questionnée [PAR, 2022]. Ce n'est pas un sujet qui peut être réduit à une simple question incitation pour conduire les entreprises à réduire leurs émissions de gaz à effet de serre (GES) ou les consommateurs à avoir un comportement plus vertueux [DIE, 2012].

Notre propos est de montrer que la question de la décarbonation ne peut être réduite à un simple problème économique et/ou technique visant à remplacer une source d'énergie par une autre qui serait décarbonée, car derrière cette question, c'est toute une logique économique, sociale et politique qui doit être questionnée, comme nous l'avons précédemment énoncé. Par ailleurs, l'histoire de l'énergie montre clairement qu'il n'y a jamais eu de substitution d'une source d'énergie par une autre, mais une accumulation, outre le fait qu'il faut de l'énergie pour produire de l'énergie [FRE, 2024]. De plus, si l'on oriente notre propos sur l'évolution du progrès technique et de ses externalités négatives, le développement de la production de charbon a été une réponse pour lutter contre la déforestation, de même pour le pétrole dont l'exploitation a permis d'éviter la disparition des baleines, qui étaient chassées pour leur huile utilisée pour l'éclairage [AUZ, 2015].

Questionner la décarbonation, ne se résume pas à remplacer une source d'énergie par une autre, mais à étudier et à analyser le mode de fonctionnement de notre système économique. Nous allons

² <https://fr.statista.com/statistiques/565314/production-mondiale-de-petrole-millions-de-tonnes-metriques-1998/>

³ <https://wmo.int/media/news/record-carbon-emissions-highlight-urgency-of-global-greenhouse-gas-watch>

⁴ <https://geoconfluences.ens-lyon.fr/glossaire/decarbonation>

tenter par conséquent de montrer d'une part comment l'économie politique (sauf à quelques rares exceptions) s'est constituée en tant que discipline scientifique depuis la fin du 18^e siècle sans s'interroger sur la disponibilité des ressources nécessaires pour nourrir la richesse des nations, d'autre part comment un fossé s'est creusé au fil des années entre les scientifiques (qui dès la fin du 19^e siècle avaient mis en évidence le phénomène du réchauffement climatique d'origine anthropique, via l'augmentation des GES) et les responsables politiques qui ne commencent à s'en préoccuper sérieusement qu'à la fin du 20^e siècle. C'est dans ce contexte, que nous souhaitons questionner l'émergence puis la diffusion du vocable de décarbonation, le début du 21^e siècle ayant été marqué, comment mentionné plus haut, par l'émergence puis la diffusion rapide de vocable pour nous questionner sur l'existence d'une nouvelle discipline académique qui serait une économie politique de la décarbonation.

2. L'économie politique, une science de la richesse déconnectée de la question énergétique

2.1. La nature, sans limites, à disposition des humains

L'économie politique s'est constituée en tant que discipline scientifique à part entière à la fin du 18^e siècle en Grande-Bretagne, qui s'affirme alors peu à peu comme le premier théâtre de la révolution industrielle. La publication en 1776 du célèbre ouvrage, *Recherches sur la nature et les causes de la richesse des nations* en constitue pour nombre d'économistes, le texte fondateur. Ce texte pose les bases de l'économie politique moderne. Adam Smith désigne dans cet ouvrage le travail (humain) comme la source de la richesse des nations. Le travail devient ainsi une catégorie économique abstraite. Il ne s'interroge pas cependant à ce propos sur les sources d'énergie nécessaires pour d'une part assurer la subsistance du travailleur et d'autre part, nécessaires pour actionner les outils et les machines que le premier manipule. On peut formuler l'hypothèse selon laquelle cette position scientifique se justifie par l'état de rareté dans lequel se trouvait alors l'économie britannique. Ainsi, pour accroître la puissance de travail des ouvriers, il convient en amont de diviser et d'organiser le travail, mais aucune mention particulière n'est apportée par Adam Smith sur les sources d'énergie qui doivent actionner les machines et permettre aux ouvriers d'actionner leurs outils. Plus tard, Jean-Baptiste Say ne se pose pas non plus ce type de question puisqu'il appréhende la nature comme une espèce d'immense magasin où les êtres humains peuvent puiser les ressources nécessaires à leurs activités industrielles que ce soit pour actionner des machines ou pour les transformer en biens de consommation quelconque. Karl Marx, bien que retenant la valeur travail, explique que la productivité du travail dépend des conditions naturelles du milieu dans lequel le travail s'accomplit. Ainsi la chute d'eau accroît le pouvoir créatif de l'entrepreneur, mais elle n'a pas de valeur en tant que telle car elle n'est pas le produit d'un travail, elle ne le devient qu'à partir du moment où elle est fécondée par le travail [BOU, 2003 ; BOU, 2016]. Dans ces conditions, la chute d'eau comme le travail participent à la fécondation du capital.

Ces quelques considérations historiques en matière d'économie politique montrent manifestement que la question de l'énergie ne semble guère avoir préoccupée les économistes, sauf à partir de la fin du 19^e siècle et la question du charbon posée par Stanley Jevons, en Angleterre, alors que la plupart des économistes du 19^e siècle estimaient futile de se préoccuper de ce sujet [ROB, 1990]. Jevons applique la loi de Malthus pour montrer que la consommation de charbon augmente en suivant une suite géométrique, alors que la production de charbon suit une progression arithmétique, cette double évolution devant entraîner à terme un déficit de ressources de charbon et le déclin inévitable de la Grande-Bretagne. Certes, les inquiétudes de Jevons ne se sont vérifiées et surtout depuis la fin du 19^e siècle, de nouvelles sources d'énergie se sont accumulées [FRE, 2024], permettant d'accroître le pouvoir transformateur de l'industrie, mais aussi l'augmentation de la consommation d'énergie, notamment le pétrole dont l'usage offrait de multiples avantages [PES, 2013]. Pourtant dès le début des années 1970, le rapport Meadows [MEA, 1972] pointait du doigt les limites de la croissance, rompant avec l'idée selon laquelle une croissance économique infinie serait possible... dans un monde fini [UZU, 2023]. Face au ralentissement de la croissance économique au début des années 1970, les

institutions internationales se mobilisent cependant avec la première conférence sur l'environnement qui a lieu à Stockholm en 1972, alors que dès le 19^e siècle, des scientifiques avaient déjà mis en évidence le phénomène du réchauffement climatique d'origine anthropique et le rôle spécifique joué par les émissions de CO₂ [FRE, 2020].

2.2. L'énergie fossile au cœur d'une croissance économique sans limites ?

En suivant son étymologie latine, l'énergie peut être définie comme une force en action ou en mouvement, qui conditionne toute action humaine. Il n'est donc pas fait allusion à un type de matière donnée qui serait source d'énergie, mais « rien ne se fait, ne se crée, ni ne se transforme dans un monde sans énergie » [TEL, 2021, p.5]. La maîtrise de l'énergie est indispensable pour assurer la richesse des nations. Comme l'a montré Maddison [MAD, 2001] dans son célèbre rapport, la croissance économique mondiale (et en premier lieu en Europe occidentale) s'accélère de façon exponentielle avec le début du 19^e siècle grâce à la maîtrise progressive des énergies fossiles (en premier lieu le charbon, question sur laquelle nous retrouvons Jevons évoqué plus haut). C'est aussi au début du 20^e siècle, plus précisément dans les années 1930, que l'économiste américain S. Kuznets invente le PIB (Produit intérieur brut) afin pour mesurer l'impact de la crise de 1929 sur l'économie américaine [BES, 2013]. Après la seconde guerre mondiale, et ce que Fourastié [FOU, 1979] nommera « Les trente glorieuses », le PIB devient l'indicateur de référence pour mesurer la création de richesse, mais aussi le bien-être des populations. Ainsi, plus on utilise d'énergie, plus on est riche, plus... on pollue⁵, pourtant les conséquences négatives du réchauffement climatique impacteront en premier lieu les pays en développement, qui n'ont pas été le théâtre d'une phase d'industrialisation massive au cours du 19^e siècle⁶. Mais, les inégalités sont également sociales, entre par exemple les salariés travaillant en extérieur et qui pourront être exposés à des températures très élevées, ou d'autres qui perdront leur emploi (par exemple dans l'exploitation houillère ou pétrolière) ou ceux qui devront développer de nouvelles compétences pour maîtriser les nouvelles technologies reposant sur des sources d'énergie dite décarbonées. Sur ce point, cependant le consensus n'existe pas entre les métiers voués à disparaître et les nouveaux qui pourraient émerger⁷. Ce qui peut justifier les positions parfois très contrastées des organisations syndicales face au réchauffement climatique et aux moyens de le combattre.

La question de l'énergie est par conséquent centrale, car quelle que soit la source de matières premières qui lui donne vie (travail des humains ou des animaux, le bois, le vent, l'eau, le charbon, le pétrole, le soleil, le nucléaire, la biomasse, etc.), elle crée des richesses, aussi l'accès à l'énergie est-il source de conflits. A l'échelle internationale, l'énergie a été à la fois un enjeu et une arme dans de nombreux conflits, en d'autres termes, « l'énergie, ça sert d'abord à faire la guerre »⁸.

Au 20^e siècle, l'accès au pétrole et au gaz a été (et est toujours) l'objet de conflits militaires de grande ampleur [THO, 2024]. Mais, ce besoin qui ne semble jamais satisfait en énergie nourrit une augmentation des émissions de gaz à effet de serre (GES), source du réchauffement climatique qui pourrait d'ici quelques décennies (voire quelques années) rendre la vie sur terre très difficile. Le fameux pic pétrolier est sans cesse reculé dans le temps (*Le Monde*, 18/11/2010). Cette notion avait été inventée en 1956 par un géophysicien, Marion King Hubbert, pour mettre en évidence l'idée d'un plafonnement, puis d'un déclin de la production pétrolière. On retrouve ainsi le questionnement de Jevons sur les réserves de charbon en Angleterre, puisque les travaux de Hubbert portaient sur le pétrole aux Etats-Unis. Le plafonnement devait avoir lieu dans les années 1970. Il est depuis sans cesse

⁵ Selon OFAM, les 1% les plus riches émettent autant de CO₂ que les deux tiers de l'humanité.

<https://www.oxfam.org/fr/communiques-presse/les-1-les-plus-riches-emettent-autant-de-co2-que-deux-tiers-de-lhumanite>

⁶ <https://www.oxfamfrance.org/communiques-de-presse/changement-climatique-et-inegalites-le-sud-premiere-victime-de-la-crise-climatique/>

⁷ https://www.lecese.fr/sites/default/files/pdf/Avis/2024/2024_08_planification_ecologique.pdf

⁸ <https://www.erudit.org/en/journals/vertigo/2016-v16-n1-vertigo02678/1037575ar.pdf>

repoussé⁹. Epuisement des ressources en énergie et réchauffement climatique sont souvent des questions liées. Et, c'est sans doute la première question, celle de l'épuisement des ressources énergétiques qui suscite la plus d'inquiétude auprès des responsables politiques et des industriels. La question du réchauffement climatique est pourtant connue depuis la fin du 19^e siècle, mais c'est en ce début de 21^e siècle que l'on semble s'en préoccuper sérieusement, d'où la naissance de ce nouveau vocable, celui de « décarbonation ». En France, il apparaît au début des années 2000 et entre dans le dictionnaire Larousse en 2012, où il est défini comme suit : « Ensemble des actions (mesures et techniques) visant à réduire la consommation d'énergies fossiles et l'émission de dioxyde de carbone d'un pays, d'une économie, d'une entreprise, etc. »¹⁰. De multiples conférences internationales se sont succédées depuis la fin du 20^e siècle pour tenter de contenir le réchauffement climatique en réduisant les émissions de GES.

3. Des scientifiques lucides et des industriels imaginatifs

3.1. De l'Holocène à l'Anthropocène, ou l'origine anthropique du réchauffement climatique

Si comme l'ont montré des scientifiques depuis le 18^e siècle [FRE, 2020], le climat terrestre a considérablement changé au cours du temps en raison de facteurs naturels, mais pas toujours car la déforestation nécessaire face à la pression démographique a eu, avant l'ère industrielle, des conséquences sur le climat, réduite cependant généralement à une échelle locale. Ce qui a changé depuis la fin du 19^e siècle est que le climat n'évolue plus en fonction des seuls facteurs naturels, mais aussi et surtout de facteurs anthropiques, en raison de l'augmentation des émissions de GES. Un article scientifique publié... en 1912 le montrait déjà [GRI, 2007].

Au cours des décennies, le phénomène du réchauffement climatique prend de l'ampleur, à tel point qu'à la fin du 20^e siècle, le chimiste Paul Crutzen et le biologiste Eugène Stoermer [CRU, 2000] inventent le concept de l'« Anthropocène » afin de mettre en évidence l'origine anthropique du changement climatique. Cette période succède à l'Holocène, selon leurs dires, (période géologique qui s'étend sur 12 000 ans, soit environ depuis le début du néolithique et la généralisation de l'invention de l'agriculture que d'aucuns appréhendent aussi comme le marqueur du changement climatique d'origine anthropique). Les auteurs¹¹ datent pour leur part le début de l'Anthropocène en 1784 avec l'invention de la machine à vapeur par J. Watt, soit avec le début de l'ère industrielle en Angleterre [BON, 2013]. Ce concept a fait l'objet de discussions scientifiques et n'a pas été accepté en mars 2024 par les géologues (par la Commission internationale de stratigraphie) qui ont refusé son emploi, car selon leurs dires les activités humaines ne sont pas comparables aux processus géologiques selon leurs dires, sans remettre en question que le réchauffement climatique soit d'origine anthropique (*Le Monde*, 30/04/2024). L'Holocène correspond à une période géologique, ce qui n'est pas le cas de l'Anthropocène. Ce concept a aussi alimenté une certaine effervescence dans la communauté scientifique et l'émergence de nouveaux concepts, montrant que ce n'est pas l'espèce humaine dans son ensemble qui est à l'origine du changement climatique provoqué par l'augmentation des émissions de CO₂. C'est notamment le cas d'Andreas Malm [MAL, 2017] qui propose le « Capitalocène » puisque ce phénomène a été provoqué et est alimenté par une forme d'organisation socioéconomique donnée, le capitalisme.

3.2. La transition énergétique, une transition nucléaire ?

Comment mentionné plus haut la décarbonation est l'ensemble des mesures et des techniques permettant de réduire les émissions de dioxyde de carbone. Parmi ces mesures, sont mentionnés l'arrêt

⁹ <https://www.futuribles.com/le-pic-petrolier-catastrophe-imminente-ou-horizon-sans-cesse-repousse/>

¹⁰ <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/d%C3%A9carbonation/188586>

¹¹ <http://people.whitman.edu/~frierspr/Crutzen%20and%20Stoermer%202000%20Anthropocene%20essay.pdf>

des centrales à charbon, la suppression des véhicules à moteur thermique ou encore l'efficacité énergétique des bâtiments. Ce qui correspond à ce que nous avons évoqué plus haut, c'est-à-dire à une espèce de substitution d'une technologie carbonée par une technologie qui serait décarbonée, sans remettre fondamentalement en question notre mode de production et de consommation. C'est sans doute en ce sens qu'il faut entendre les termes de « transition énergétique », de « transition écologique » ou encore de « transition climatique » qui font partie du lexique des responsables politiques, comme des industriels, avec celui de décarbonation. La transition écologique vise en effet à trouver de nouveaux équilibres entre les limites de la biosphère et notre mode de vie. Il a peu à peu supplanté celui de développement durable, jugé trop vague [BOURG, 2011], mais dans les faits le développement durable en tant que concept est toujours mobilisé, dans une logique d'empilement des concepts plutôt que d'une substitution. Mais en quoi les termes de transition écologique ou de transition écologique ou climatique seraient plus concrets que celui de développement durable ? On peut s'interroger lorsque l'on connaît l'origine de ces concepts et en premier celui de la transition énergétique. Selon Fressoz [FRE, 2022, 2023], alors que ce sont des scientifiques qui ont en premier lieu identifié le phénomène du réchauffement climatique d'origine anthropique, ce sont des industriels qui ont contribué à diffuser l'expression de « transition énergétique », qui est passée dans le langage courant depuis plusieurs années. L'expression de « transition énergétique » aurait été inventée en 1967 par un savant atomiste, Harrison Brown, ancien du projet Manhattan, qui est aussi une des figures de proue des courants néo-malthusianistes.

Au départ, le terme de « transition énergétique » désigne un électron qui change d'état autour du noyau. Le terme de transition énergétique appartient donc au champ de la physique. Pour Harrison Brown, le nucléaire représenterait un moyen d'éviter le piège malthusien (que Jevons avait déjà identifié pour le charbon à la fin du 19^e siècle ou encore le pic pétrolier identifié par Hubbert au milieu des années 1950), d'insuffisance des ressources par rapport à la croissance démographique et aux besoins de l'industrie. Cette expression a en effet été popularisée par Edward David au début des années 1980, alors qu'il était le président de la Recherche & Développement d'Exxon dans le cadre d'un débat sur le changement climatique. Edward David identifie deux transitions énergétiques qui sont depuis largement acceptées par la communauté scientifique, dont les Etats-Unis auraient été le théâtre, d'abord du bois au charbon, puis du charbon au pétrole. La troisième transition énergétique sera ainsi celle de la disparition des énergies fossiles, ainsi le problème des émissions de CO₂ ne se posera plus. Le lobby de l'industrie nucléaire aurait par conséquent joué un rôle majeur dans la popularité de cette expression qui a été depuis admise par la communauté scientifique et par les responsables politiques en charge d'élaborer des politiques publiques, précisément pour lutter contre le réchauffement climatique. L'énergie nucléaire, selon Edward Davis, se présente de cette façon comme une industrie propre, puisqu'elle n'émet pas de CO₂. Elle est censée remplacer une énergie sale, l'énergie fossile, par une énergie propre, le nucléaire. Ce qu'a reconnu récemment la Commission européenne le 2 février 2022 qui a accordé à l'énergie nucléaire le label « vert » (*La tribune*, 6/07/2022) qui était jusqu'ici réservé aux énergies renouvelables. Le gaz naturel a également bénéficié de ce label. Cette décision est le résultat d'une longue opposition entre les antis et les pronucléaires. Elle a certainement été influencée par le contexte de crise gazière et pétrolière, engendrée par la guerre en Ukraine.

Mais, en cette période de grande efférence sur les plans scientifique et intellectuel, il est aussi question de « transition climatique » [BOUR, 2024] qui ne se distingue pas de la transition écologique ou de la transition énergétique, puisqu'il s'agit de réduire les émissions de CO₂ pour limiter le réchauffement climatique. Il est également question de l'« urgence climatique ». Cette multiplication des termes et expressions est la manifestation d'une profonde incertitude sans doute moins pour l'avenir de la planète Terre que pour le mode de vie basée sur la croissance infinie des besoins matériels.

3.3. Décarboner, le sens des mots

Le verbe « décarboner » est entré dans le Larousse avant celui de « décarbonation ». Le terme « décarbonation » est généralement utilisé dans la littérature scientifique comme un terme générique qui englobe à la fois les problèmes et les solutions, soit une gamme très large de sujets traitant à la fois du bien-être social ou individuel, des trajectoires historiques, du changement des représentations sociales, etc. [RIZ, 2021]. En français, le verbe « décarboner » est entré dans *Le Larousse* en 2012, en 2015 dans *Le Robert*. L'utilisation du substantif « décarbonation » est plus récente. Cependant dans les faits, le vocable « décarbonation » était déjà utilisé, par exemple dans la publication de l'ouvrage de Damian (2015), précisément intitulé : « Les chemins infinis de la décarbonation. Neuf questions clés pour la COP 21 » [BOU, 2024].

Par la suite, le terme de « décarbonation » est officiellement accepté dans le *Journal officiel de l'Académie Française* dans son numéro du 24 septembre 2019 [CRI, 2015 ; CRI, 2020]. Le terme est déjà défini de façon très vague comme « *l'ensemble des mesures et des techniques permettant de réduire les émissions de dioxyde de carbone* »¹². *Cette définition fait a priori consensus au niveau mondial*¹³. Sur son site, le ministère français de l'économie précise que la décarbonation de l'industrie a pour objectif d'accompagner les entreprises industrielles dans l'investissement d'équipements et de procédés moins émetteurs de CO₂. Le terme de « décarbonation » ne couvre donc pas seulement des aspects techniques, mais également de politique publique. Mais les industriels de la sidérurgie avaient dès le début des années 1990 entrepris de décarboner la production d'acier, essentiellement pour réduire leurs coûts de production, non pour des raisons environnementales. Dans un article publié en 1993, Birat [BIR, 1993] posaient déjà la question d'une sidérurgie sans carbone pour produire de l'acier « vert ». Les auteurs exposent trois solutions pour atteindre cet objectif, qui sont toujours à l'heure actuelle, celles qui sont privilégiées par cette industrie, à savoir : économies d'énergie, recyclage de l'acier, la fusion de ferraille et le recours à l'hydrogène, tout en privilégiant l'électrification des procédés de production.

Mais le vocable « décarbonation » est aussi concurrencé par celui de « défossilisation », a priori beaucoup moins populaire. On ne parle pas de politique publique de défossilisation. Pourtant la défossilisation s'appuie sur des technologies de pointe. Il s'agit de se passer tout simplement des énergies fossiles. Il est ainsi question de la défossilisation de la sidérurgie où le charbon est remplacé par l'hydrogène, lui-même obtenu par des procédés bas-carbone (grâce à des énergies renouvelables). Cependant, dans la plupart des cas, le carbone reste un élément important des produits, aussi il s'agit de travailler sur le cycle du carbone pour se rapprocher le plus possible d'une économie circulaire, en se basant sur les techniques de captage, d'utilisation et de stockage du CO₂ (CCUS). Le sigle CCUS recouvre des technologies qui s'appliquent à la fois à la décarbonation de la production d'électricité qu'à celle de la production industrielle dans son ensemble. Il s'agit de capturer le CO₂ émis par les centrales thermiques à flamme et les émissions des grandes unités industrielles (sidérurgie, cimenterie ou raffinage) [BER, 2019]. Cependant, ce type de technologies fait l'objet de débats et de controverses scientifiques majeurs, puisque d'une part si les émissions de CO₂ peuvent être captées, il n'y a plus de limite pour qu'elles soient émises, de plus les émissions de CO₂ deviennent ainsi des intrants pour la production par exemple de carburants. Il n'est étonnant dans ces conditions, que les pays producteurs de pétrole se montrent particulièrement intéressés par ce type de technologie. Cette position est au demeurant partagée par le GIEC (*L'Usine nouvelle*, 12/04/2022). Ces technologies sont pourtant très coûteuses à mettre en œuvre car elles supposent la construction d'infrastructures pour transporter le carbone, puis l'injecter dans le sous-sol (sur terre ou en mer) de manière pérenne. Dans le cas où le CO₂ ainsi capté serait valorisé, des usines doivent être construites pour produire des carburants synthétiques, des fertilisants, des produits plastiques, etc. Or à l'heure actuelle, ces technologies ne

¹² <https://www.connaissancedesenergies.org/questions-et-reponses-energies/vocabulaire-faut-il-privilegier-le-terme-decarbonation-ou-decarbonisation>

¹³ <https://www.globalcarbonproject.org/>

sont pas matures. Les enjeux de la recherche & développement se concentrent surtout sur les techniques de captage. Le coût de ces technologies est également très élevé. Ainsi selon le GIEC une centrale à charbon ou à gaz associée avec un CCS requiert 13 à 44% de carburant en plus pour produire une même quantité d'électricité. Dans ces conditions, on comprend mal l'intérêt de ce type de techniques pour réduire les émissions de CO₂. On comprend à quel point que la frontière entre décarbonation et défossilisation est très ténue.

La réduction des émissions de CO₂ et le défi qu'il suppose sur le plan technologique et industriel peut-il être réduit précisément à une simple question technique en créant ainsi de nouvelles opportunités d'investissements et d'affaires. On peut se poser raisonnablement la question, notamment si l'on revient sur l'origine du GIEC, créé en 1988. Son organisation est confiée à l'Organisation météorologique mondiale et au Programme des Nations Unies pour l'environnement selon la proposition du G7 (Canada, France, Allemagne de l'ouest, Italie, Japon, Royaume-Uni et Etats-Unis). Deux dirigeants, qui a priori ne sont pas connus pour leurs penchants écologiques, Ronald Reagan et Margaret Thatcher, ont joué un rôle particulièrement important pour la création du GIEC. Le président américain était motivé par le fait de ne pas laisser aux écologistes la main sur la question du climat, pour la remettre entre les mains des scientifiques. Quant à Margaret Thatcher, si elle semblait préoccupée par les conséquences du réchauffement climatique sur l'économie britannique, elle avait aussi un objectif politique car elle était alors en conflit avec les syndicats des mineurs de charbon et elle souhaitait favoriser le nucléaire pour briser la grève [FRE, 2024]. L'idée de M. Thatcher et R. Reagan était de créer une organisation très complexe en exigeant un consensus scientifique international ainsi que l'approbation de quasiment tous les états, dans le cadre des Nations Unies, pour retarder toute action, voire pour empêcher l'émergence d'un tel consensus, pour contrôler les décisions susceptibles d'être prises pour limiter le développement du capitalisme industriel (*Le Monde*, 25/07/2023).

La science sur la connaissance du climat et la technologie pour limiter le réchauffement climatique ne suivent pas la même chronologie. Les scientifiques ont montré dès la fin du 19^e siècle que le climat se réchauffait pour des raisons anthropiques. Aujourd'hui d'autres scientifiques appuient leurs dires et surtout expliquent que la terre est à bout de souffle et que la croissance économique dans un monde fini n'est plus possible. Les Etats et les entreprises doivent prendre leurs responsabilités pour édicter d'autres lois, changer l'ordre du monde. Pourtant, face au danger, le consensus est inexistant, au parlement les mêmes débats se poursuivent, sans fin. Les organisations syndicales ne parlent pas d'une même voix, car la décarbonation peut entraîner des destructions d'emplois. Certes, certains industriels se saisissent de la question, considérant qu'ils peuvent se saisir d'une nouvelle opportunité de profit, sinon comment comprendre que l'économie circulaire et la décarbonation, voire la défossilisation, que d'aucuns affichent comme la solution miracle, entraînent une augmentation des déchets, des GES et de l'exploitation pétrolière et minière. Des territoires se métamorphosent, mais les énergies ne sont pas si vertes.

Présentation du numéro

Dans le cadre de ce numéro de *Technologie & Innovation*, 9 articles en sciences humaines et sociales ont été réunis dans des champs disciplinaires variés (science politique, économie, sociologie, géographie et management). Les chercheurs ont par leurs écrits variés participé à la création d'un tableau impressionniste permettant de prendre compte les aspects polymorphes du sujet.

Régis Matuszewicz décrit les débats qui ont eu lieu au Parlement français relatifs au projet de loi « climat et résilience » dont l'objectif est de réduire l'empreinte carbone du pays. Le clivage entre la gauche et la droite est manifeste, bien qu'une certaine unanimité soit manifeste face au phénomène du réchauffement climatique. La droite et la majorité présidentielle ont construit leur discours sur la pensée libérale fondée sur l'efficacité économique, la décentralisation et l'acceptabilité des mesures. L'extrême droite se positionne sur une écologie nationaliste basée sur un localisme ancestral. A

gauche, l'accent est mis sur la justice sociale et les inégalités sociales croissantes qui découleront du réchauffement climatique et des moyens de la combattre.

Les salariés de l'industrie lourde, telle que la sidérurgie, sont en première ligne des changements technologiques et industriels à venir, c'est qu'étudient Sophie Boutillier et Blandine Laperche. Elles confrontent les positions des managers et des responsables syndicaux face à la stratégie de décarbonation de l'unité sidérurgique d'ArcelorMittal à Dunkerque. S'il semble exister un fort consensus sur la nécessité de décarboner la production d'acier entre les deux parties, les représentants syndicaux questionnent le retard des investissements que la direction de l'entreprise avait pourtant mis en avant depuis 2022. Les récentes décisions prises par la direction du groupe semblent donner raison aux représentants syndicaux, bien que sur ce point la situation ne semble pas tranchée. D'autres événements sont bien sûr susceptibles de se produire au cours des mois à venir, dans un contexte économique difficile, marqué par une surproduction mondiale d'acier.

Face à la décarbonation les organisations syndicales ne partagent pas tous les mêmes positions, comme le montrent Adrien Thomas et Nadja Doerlinger. Différents facteurs doivent être pris en considération pour comprendre leur position. Les syndicats qui représentent des salariés des industries les plus émettrices (comme par exemple les charbonnages) ne sont pas favorables à la décarbonation, car ils y voient une menace manifeste contre leur emploi. Le réchauffement climatique les inquiète moins que la perte de leur emploi. Mais, d'autres attitudes syndicales sont également possibles. Les auteurs en distinguent trois au total : 1/ le refus de la décarbonation, comme précédemment énoncé, 2/ les stratégies ambiguës visant à retarder et/ou à minimiser la réglementation et 3/ le soutien proactif aux mesures de décarbonation. Le rôle de l'Etat pour soutenir les stratégies de décarbonation est primordial pour les auteurs de l'article. Outre le secteur d'activité, d'autres considérations doivent être prises en compte, telles les orientations idéologiques des organisations syndicales et leur conception de la démocratie syndicale.

Outre les Etats (dont l'action semble toute relative au regard de la situation actuelle), et les organisations syndicales dont il vient d'être question, le rôle des organisations citoyennes et d'action de recherche basée sur la démocratie technique est privilégié par Marc Delepouve et Bertrand Bocquet. Si la question de la réduction des GES passe généralement par les émissions de CO₂, les auteurs pointent également le méthane, CH₄, mais également d'autres GES (le protoxyde d'azote, le méthane). Face à ce constat pour les auteurs pointent un abus de langage concernant l'usage du vocable « décarbonation » pour désigner la baisse des émissions de GES d'origine anthropique, n'est pas approprié au regard du poids du méthane qui représente plus de la moitié du poids du CO₂. Or, les émissions de méthane proviennent pour l'essentiel de l'extraction et du transport des énergies fossiles, mais également des activités agricoles. D'où l'emploi du terme de défossilisation par les auteurs qui représente selon leur dires une part importante de la décarbonation.

Dans le cadre d'un entretien mené par Sophie Boutillier et Rony Al-Haddad, Flore Berlingen et Judith Pigneur dénoncent les coulisses de la décarbonation et pointent notamment les dérives de l'économie circulaire, qui est pourtant appréhendée comme un moyen de lutte efficace contre le réchauffement climatique, les déchets de certaines industries devant la matière première d'autres industries. Certes, l'économie circulaire existe sans doute depuis la préhistoire et bien avant que l'on ne la désigne en tant que telle, mais dans une logique capitaliste, ses effets sont bien souvent désastreux sur l'environnement. En effet, à partir du moment où le déchet (quelle que soit sa nature) est valorisé, il acquiert le statut de marchandise. Les industriels ont alors tout intérêt à en accroître la production. Dans ces conditions, il n'est pas étonnant que le développement de l'économie circulaire entraîne l'augmentation de la production de déchets. Par ailleurs, le développement des énergies dites renouvelables (tels que l'éolien ou le solaire) ont aussi des conséquences dramatiques sur l'environnement puisqu'elles supposent l'intensification de l'exploitation minière pour extraire les métaux nécessaires à la fabrication des éoliennes et des panneaux photovoltaïques (lithium, cobalt, cuivre, etc.). A l'âge des énergies décarbonées pourrait succéder celui de l'âge des ... métaux.

Au-delà de ce qui est immédiatement visible, tels que des éoliennes, des panneaux photovoltaïques ou la disparition des hauts-fourneaux, la décarbonation passe également par la transformation de la comptabilité des entreprises, comme l'expliquent Jean Valayer et Noémie Wouters. Les auteurs proposent la mise en place d'une procédure comptable au sein des entreprises alimentant la chaîne énergétique carbonée. Elle consiste en une provision prévoyant le remplacement des actifs consacrés aux énergies carbonées. Financée dès sa mise en place, elle assurera la décarbonation des décisions d'investissement, en amont. Au sein des comptes annuels des industries productrices de pétrole, de gaz et de charbon, la nécessité de remplacer les actifs associés aux énergies dépendantes du carbone d'origine fossile sera ainsi actée en son cœur. Cette nouvelle procédure comptable vise en quelque sorte à rendre plus attractives les entreprises qui décarbonent leurs installations industrielles, en les rendant plus désirables... auprès des investisseurs...

L'industrie automobile qui est née en Europe occidentale à la fin du 19^e siècle est particulièrement touchée par les évolutions décrites dans ce numéro de *Technologie & Innovation* sur la décarbonation. La transformation de l'industrie a aussi des impacts majeurs sur celle des territoires, y compris celui plus limité de l'usine elle-même. Dalila Messaoudi et Margaux Alamartine ont étudié la situation d'une entreprise historique de l'industrie automobile française, Renault, qui plus est sur l'un de ses sites de production historique, celui de Flins-sur-Seine dans la région parisienne. Leader historique de l'industrie automobile française, ce site de production s'est mué en une usine d'économie circulaire, la production automobile électrique (et la production de batteries) a été en effet délocalisée dans le Nord-Est de la France, dans ce qu'il est convenu d'appeler la « Vallée de la batterie ». À Flins, la « Refactory » est la première usine européenne d'économie circulaire dédiée à la mobilité. Ce qui suppose une transformation fondamentale des métiers et des compétences des salariés et une transformation profonde de ce que les auteures nomment l'« imaginaire industriel ».

Nous venons d'évoquer la transformation des territoires et des usines consécutives à la métamorphose des technologies et des industries, l'exemple du territoire Fos-Etang de Berre, à proximité de Marseille, en constitue sans doute une espèce de cas d'école. Ce territoire, qui a été avec celui de Dunkerque dans les années 1960, le fer de lance de la reconstruction et du développement de l'industrie lourde en France, doit également se décarboner. Il abrite en effet l'un des principaux sites de production d'acier en France, ArcelorMittal. Sylvie Daviet, Tiffany Aubert et Alexandre Grondeau analysent dans le détail la transformation de ce territoire en mettant en avant les nouvelles relations systémiques à l'œuvre. Comme nous l'avons souligné dans le cadre de cette introduction, il ne s'agit de substituer une énergie carbonée par une énergie décarbonée. Les relations industrielles à l'œuvre sont très complexes. Par quelle source d'énergie remplacer le pétrole ? Par la production d'hydrogène bas carbone ? Comment produire de l'hydrogène bas-carbone ? Par de l'électricité bas-carbone ? Comment produire de l'électricité bas-carbone ? Etc. Les questions sont sans fin. Les acteurs économiques privés et publics doivent se mobiliser en conséquence.

Bibliographie

- [AUZ, 2015] Auzanneau, M., 2015, *Or noir, la grande histoire du pétrole*, La découverte.
- [BER, 2019] [Bercegol H., Didierjean S., Etienne M., Kalaydjian, Le Bideau J., Lemoine F., Maisonnier G., Maranzana G., Patisson F., Slaoui A., 2019, De nouvelles technologies de l'énergie en rupture ?, *Responsabilité & Environnement*, 95, 62-66.
- [BES, 2013] Besançon, Y., 2013, L'hégémonie anachronique du PIB, *Idées économiques et sociales*, 173(3), p.43-48.
- [BIR, 1993] Birat J.-P., Antoine M., Dubs A., Gaye H., de Lassat Y., Nicolle R., Roth J., 1993, Vers une sidérurgie sans carbone ?, *La revue de métallurgie*, mars, p. 411-421.
- [BON, 2013] Bonneuil C., Fressoz J.-B., 2013, *L'événement Anthropocène. La terre, l'histoire et nous*, Seuil, Paris.
- [BOUR, 2024] Bourlier Bargues E., Valiorgue B., Spatola N., 2024, Relever les défis de la transition climatique. L'enjeu des biais cognitifs dans les prises de décision des conseils d'administration, *Recherches et Cas en Sciences de Gestion*, 25, 27-50.

- [BOURG, 2011] Bourg D., 2011, *Pour une 6^e République écologique*, Odile Jacob.
- [BOU, 2003] Boutillier, S., 2003, Les économistes et l'écologie, enseignements historiques, *Innovations*, 18, p. 139-165.
- [BOU, 2016] Boutillier, S., Matagne, P., 2016, Une histoire asynchrone de l'économie et de l'écologie, et de leurs « passeurs », *Vertigo*, 16(1), <https://www.erudit.org/en/journals/vertigo/2016-v16-n1-vertigo02678/1037575ar.pdf>
- [BOU, 2024] Boutillier, S., 2024, Décarbonation, de quoi parle-t-on ?, in Alexandre L., Lameta N., *Entrepreneuriat. Outils théoriques et pratiques*, Editions EMS, p. 13-22.
- [CRI, 2015] Criqui P., Tutenuit C., 2015, Industrie : décarbonisation de l'économie et compétitivité internationale, *Annales des Mines – responsabilité et Environnement*, n°77, p.50-55.
- [CRI, 2020] [Criqui P., Waisman H., 2020, prospectives des transitions énergétiques. Entre modélisation économique et analyse des scénarios stratégiques, *Futuribles*, n°438, p. 29-48.
- [CRU, 2000] Crutzen P. J., Stoermer E. F., 2000, The « Anthropocene », *Global Change Newsletter*, n°41(17).
- [DIE, 2012] Diemer, A., 2012, La technologie au cœur du développement durable : mythe ou réalité ?, *Innovations*, 37(1), p. 73-94.
- [FOU, 1979] Fourastié J., 1979, *Les 30 glorieuses*, Fayard.
- [FRE, 2020] Fressoz, J.-B., Locher, B., 2020, *Les révoltés du ciel. Une histoire du changement climatique XVe-XXe siècle*, Seuil.
- [FRE, 2022] Fressoz J.-B., 2022, La « transition énergétique », de l'utopie atomique au déni climatique : Etats-Unis, 1945-1980, *Revue d'histoire moderne & contemporaine*, n°69(2), p. 114-146.]
- [FRE, 2023] Fressoz J.-B., 2023, Les plus pessimistes étaient beaucoup trop optimistes », *Terrestres*, 5 mai, <https://www.terrestres.org/2023/05/05/les-plus-pessimistes-etaient-beaucoup-trop-optimistes/>
- [FRE, 2024] Fressoz, J.-F., 2024, *Sans transition : Une nouvelle histoire de l'énergie*, Seuil.
- [GRI, 2008] Grinevald J., 2008, *La biosphère de l'Anthropocène : climat et pétrole, la double menace*, Georg Editeur.
- [MAD, 2001] Maddison, A., 2001, *L'économie mondiale, une perspective millénaire*, OCDE.
- [MAL, 2017] Malm, A., 2017, *L'anthropocène contre l'histoire. Le réchauffement climatique à l'ère du capital*, La fabrique.
- [MEA, 1972] Meadows, D., Meadows, D., Randers, J., 1972, *Les limites de la croissance*, Ecosociété, nouvelle édition 2013, <http://www.ageron.net/wp-content/uploads/2021/04/Les-limites-de-la-croissance.pdf>
- [PAR, 2022] Parrique T., 2022, *Ralentir ou périr : l'économie de la décroissance*, Seuil.
- [ROB, 1990] Robine, M., 1990, La question charbonnière de William Staley Jevons, *Revue économique*, 41(2), p. 369-394.
- [PES, 2013] Pessis C., Topçu S., Bonneuil C., 2013dir, *Une autre histoire des trente glorieuses. Modernisation, contestations et pollutions dans la France d'après-guerre*, La découverte.
- [RIZ, 2021] Rizzoli V., Norton L. S., Sarrica M., 2021, Mapping the meanings of decarbonisation : A systematic review of studies in the social sciences using lexicometric analysis, *Cleaner Environmental Systems*, 3, 100065.
- [TEL, 2021] Tellenne C., 2021, *Géopolitique des énergies*, La découverte.
- [THO, 2024] Thompson, H., 2024, *Une histoire politique du monde fossile : le XXe siècle du pétrole et du gaz*, Flammarion.
- [UZU, 2023] Uzunidis D., Adatto L., 2023dir, *Catastrophes naturelles majeures au XXIe siècle : santé, environnement, alimentation, guerre, chroniques d'alerte*, Editions Le Manuscrit Savoires.