

De la sobriété énergétique aux matériaux biosourcés, toute la gamme de la décarbonation

From energy efficiency to biosourced materials, the full range of decarbonization solutions

Interviews de David Lolo¹, Pierre Gilbert²

¹ Economiste, chargé d'études à la Fabrique de l'industrie, david.lolo@la-fabrique.fr

² Ingénieur et consultant en risque climatique, pierre.gilbert@etu-iepg.fr

Interviews réalisés par Sophie Boutillier³ et Rony Al-Haddad⁴

³ Université du Littoral Côte d'Opale, sophie.boutillier@univ-littoral.fr

⁴ Université du Littoral Côte d'Opale, rony.al-haddad@univ-littoral.fr

RÉSUMÉ. Deux spécialistes de la décarbonation ont été interrogés en février 2024 afin de connaître leur analyse des transformations techniques et industrielles actuelles et à venir de la décarbonation. Quelle est la stratégie des grands groupes industriels français en la matière ? Les technologies développées à l'heure actuelle sont-elles fiables ? La décarbonation suppose l'électrification des procédés industriels. Mais, comment produire de l'électricité « verte », puisque pour produire de l'énergie, il faut de l'énergie. Quelles sont les technologies utilisées actuellement et en devenir ? Peut-on décarboner l'industrie, sans remettre en question le modèle industriel qui s'est progressivement construit depuis la révolution industrielle ?

ABSTRACT. Two decarbonization specialists were interviewed in February 2024 for their analysis of current and future technical and industrial transformations in decarbonization. What is the strategy of France's major industrial groups in this area? Are current technologies reliable? Decarbonization implies the electrification of industrial processes. But how can we produce "green" electricity, since to produce energy, we need energy? What technologies are currently in use and what are the future prospects? Is it possible to decarbonize industry, without calling into question the industrial model that has been gradually built up since the Industrial Revolution?

MOTS-CLÉS. décarbonation, énergie, industrie, matériaux biosourcés, politique publique.

KEYWORDS. decarbonization, energy, industry, bio-based materials, public policy.

1. Introduction

En février 2024, nous avons interviewé deux spécialistes de la décarbonation, David Lolo et Pierre Gilbert. David Lolo est économiste et chargé d'études à La Fabrique de l'industrie. Nous l'avons interrogé à propos de l'étude qu'il a co-écrite sur la sobriété énergétique des grandes entreprises françaises publiée par La Fabrique de l'industrie. Pierre Gilbert est consultant en risque climatique. Il travaille notamment sur la décarbonation sous un prisme un peu particulier, celui des matériaux biosourcés, qui selon ses dires constituent une alternative tout à fait plausible aux énergies fossiles.

Si la décarbonation peut être sommairement définie comme la baisse ou la suppression des énergies fossiles (charbon, pétrole et gaz) dans toutes les activités économiques qui y ont recours à l'heure actuelle (industrie, transport, commerce, bâtiment, etc.), les voies qui semblent y conduire sont à la fois très difficiles et très incertaines. Les techniques de décarbonation mises en œuvre à l'heure actuelle ou envisagées pour le moyen ou long terme sont très variées. Leur point de départ est le recensement par toutes formes de surconsommation énergétique et de matières premières de toutes natures pour aller vers des technologies beaucoup plus sophistiquées, qui par définition sont très incertaines sur le plan

technique, mais surtout nécessitent pour être réalisées des investissements très élevés, outre des connaissances encore en devenir.

L'étude menée par David Lolo et son collègue porte sur 38 grandes entreprises françaises (parmi les plus émettrices de gaz à effet de serre). Elle montre clairement que ces dernières ont toutes inscrit la décarbonation dans leur agenda stratégique, et que la sobriété et l'efficacité énergétique sont les principaux leviers de la décarbonation. Cependant ces leviers ne sont pas suffisants, selon son analyse, pour atteindre la neutralité carbone fixée par les textes réglementaires.

La sobriété énergétique et l'efficacité énergétique désignent des réalités très différentes. La sobriété énergétique implique des ajustements dans les habitudes de fonctionnement, comme l'utilisation des machines à des moments spécifiques, tandis que l'efficacité énergétique concerne l'utilisation de machines moins énergivores. Nous sommes a priori très loin de la mise en œuvre de procédés industriels radicalement nouveaux car les nouvelles technologies envisagées nécessitent des investissements très élevés. Pour les industries situées en amont comme l'acier ou le ciment, par exemple, les montants à investir sont particulièrement élevés (1,8 milliard d'euros pour la technologie du DRI¹). La décarbonation, qui passerait par l'électrification des procédés industriels, n'est pas une baguette magique pour régler la question des émissions de gaz à effet de serre car la production d'électricité en grande quantité indispensable à la production d'hydrogène par exemple nécessite d'autres matières premières comme du cuivre pour la construction de lignes à haute tension. Pour produire de l'énergie, il faut de l'énergie !

Dans ces conditions, existe-t-il des solutions alternatives ? Selon Pierre Gilbert, le captage artificiel du CO₂, son stockage et sa valorisation ne sont pas des solutions pour la réduction des gaz à effet de serre, bien au contraire, car ces technologies pourraient au contraire prolonger l'utilisation des énergies fossiles. Les émissions indésirables pourront être captées et stockées, il n'y aurait plus de limites à leur production (sauf peut-être des limites physiques d'épuisement des ressources). Ces technologies sont aussi très consommatrices d'énergie. Par ailleurs, puisque ces technologies ne sont pas fiables pour le moment, il est aussi prématûr de se lancer dans des expérimentations industrielles de grande ampleur. L'accent pourrait être mis sur des investissements en recherche & développement (R&D). Par ailleurs, il ne faut pas négliger l'effet rebond généré par l'augmentation des gains de productivité, déjà mis en évidence par l'économiste anglais Stanley Jevons² à la fin du 19^e siècle, qui auraient pour effet d'augmenter la production et par conséquent les émissions de CO₂. Pour que ces technologies soient efficaces, elles doivent être combinées avec des objectifs de baisse de la production industrielle. Aussi, la solution pourrait résider dans le biomimétisme. L'avenir de l'industrie pourrait ainsi résider dans le bois, les algues, les oléagineux, etc. On produit déjà des plastiques avec des fibres végétales... A long terme, l'industrie pourrait se développer sans recourir à l'énergie fossile, sans émettre de gaz à effet de serre. Pierre Gilbert développe une analyse holiste dans laquelle il prend en compte la production d'énergie, l'industrie et l'agriculture.

2. La sobriété énergétique des grandes entreprises françaises

Je suis David Lolo, économiste et chargé d'études à la Fabrique de l'Industrie. Je me concentre particulièrement sur les sujets relatifs à la décarbonation de l'industrie. L'étude à laquelle je fais référence sur la sobriété énergétique des grandes entreprises françaises³ a été publiée en novembre 2023. Je suis d'ailleurs co-auteur de cette étude.

¹ DRI : réduction directe du minerai de fer permettant de remplacer à terme le charbon par de l'hydrogène.

² Jevons S., 1865, *The Coal Question*, Macmillan.

³ Diop A., Lolo D., 2023, *Les grandes entreprises sur la voie de la sobriété énergétique*, La Fabrique de l'industrie
© 2026 ISTE OpenScience – Published by ISTE Ltd. London, UK – openscience.fr

Pour donner un aperçu général de la Fabrique de l'Industrie⁴, nous sommes un laboratoire d'idées se définissant comme une plateforme de réflexion. Notre travail se concentre sur les défis et les évolutions de l'industrie. D'un point de vue économique, nous produisons des études sur une variété de sujets tels que les réalités territoriales, les évolutions technologiques, la transition énergétique, les technologies, et bien d'autres encore.

2.1. Pouvez-vous nous donner un aperçu des objectifs et du contexte de l'étude sur la décarbonation des grandes entreprises industrielles françaises ?

L'objectif de notre étude était de fournir un état des lieux objectif de la réalité de la décarbonation des grandes entreprises. La Fabrique de l'Industrie a été mandatée par des présidents pour travailler sur ce sujet, basé sur un constat contradictoire entre certaines entreprises affirmant être en phase et en avance sur leur décarbonation, et d'autres rapportant le contraire.

Cette étude a été menée en partenariat avec le cabinet de conseil KPMG⁵. Nous avons conçu des guides d'entretien et les avons soumis à un échantillon de 38 grandes entreprises françaises, membres de France Industrie⁶, le lobby industriel français, ou de l'Institut de l'Entreprise⁷, une autre structure axée sur les problématiques entrepreneuriales. Nous les avons interrogées sur leur rythme de décarbonation, leurs leviers d'action et les obstacles rencontrés sur le terrain.

Nous avons choisi de nous concentrer sur les grandes entreprises car elles concentrent l'essentiel des émissions de gaz à effet de serre de l'activité économique, en particulier dans le secteur industriel. Dans nos analyses, nous avons constaté que les 50 premiers sites industriels représentaient à eux seuls 53% des émissions de CO₂. Ainsi, cette focalisation sur les grandes entreprises s'avérait cruciale pour notre étude.

2.2. Quels critères avez-vous utilisés pour sélectionner ces entreprises ? Y avait-il des entreprises basées à Dunkerque parmi celles sélectionnées ?

Nous avons sélectionné nos entreprises parmi les adhérents de France Industrie et de l'Institut de l'Entreprise. Nous avons simplement utilisé leur liste de membres et avons envoyé des demandes d'entretien à l'ensemble de ces contacts. Au final, 38 entreprises ont répondu à notre demande.

Il convient également de mentionner que parmi ces 38 entreprises, certaines réponses ne provenaient pas de notre canal de questionnaire habituel, mais plutôt d'entretiens menés par KPMG auprès de sociétés qu'ils connaissent. Ainsi, nous avons également mobilisé le réseau de contacts de KPMG pour obtenir des réponses supplémentaires.

Quant à la question de savoir si des entreprises dunkerquoises se trouvent parmi notre échantillon, il est important de noter que cette enquête a été partiellement externalisée, ce qui signifie que nous disposons de résultats anonymisés. Je vous recommande donc de consulter les listes des adhérents de France Industrie et de l'Institut de l'Entreprise sur leur site web pour avoir une idée des entreprises incluses dans notre panel, bien que je ne puisse pas garantir de correspondance exacte avec notre échantillon.

⁴ Site officiel de "La Fabrique de l'Industrie"

⁵ Enquête menée en collaboration avec KPMG

⁶ France Industrie : La représentation unifiée de l'industrie française

⁷ L'Institut de l'Entreprise est un think tank indépendant qui étudie les enjeux économiques, sociaux et environnementaux des entreprises.

2.3. Quels sont les principaux constats ou résultats significatifs issus de cette étude sur la sobriété énergétique ?

Je peux identifier quatre points clés à partir de nos observations, que je vais résumer brièvement.

Premièrement, nous avons constaté que les entreprises ont inscrit la transition énergétique et la décarbonation à leur agenda stratégique. Cependant, le rythme de décarbonation de ces entreprises est parfois, voire souvent, en décalage avec celui souhaité au niveau national, tel qu'énoncé dans la Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC).

Deuxièmement, nous avons observé que la sobriété et l'efficacité énergétique sont actuellement les principaux leviers de décarbonation, selon les grandes entreprises. Il est important de préciser que dans le titre, nous évoquons la sobriété énergétique, mais en réalité, il s'agit de la sobriété et de l'efficacité énergétiques, une nuance essentielle.

Troisièmement, nous avons souligné que la sobriété et l'efficacité énergétiques ne seront pas suffisantes pour atteindre la neutralité carbone. D'autres initiatives doivent être lancées simultanément pour y parvenir.

Enfin, nous avons décidé d'aborder la question des émissions indirectes, notamment le fameux Scope 3. Sur ce point, nous avons constaté que les entreprises privilégient encore des mesures de prudence et n'ont pas encore activement exploité les leviers de décarbonation disponibles pour leur Scope 3⁸.

Ces quatre points résument les principales conclusions de notre étude. Nous pouvons les développer plus en détail si nécessaire.

2.4. Comment les grandes entreprises industrielles françaises se positionnent-elles par rapport au défi de la décarbonation ?

Dans notre étude, nous avons questionné les entreprises sur leur rythme de décarbonation en leur demandant leurs ambitions de réduction des émissions à horizon de 2 ans et de 5 ans. Nous avons utilisé des fourchettes de réponses, par exemple entre -10% et -15%, et ainsi de suite. En croisant ces réponses avec la trajectoire de décarbonation prévue par la SNBC pour le secteur industriel, nous avons constaté que seulement 39% des entreprises industrielles de notre panel correspondent à l'agenda ambitieux de la SNBC. Parmi les entreprises industrielles de notre panel, qui représentent environ les trois quarts de notre échantillon, 72% affirment être en phase, voire en avance, par rapport à leur propre agenda. Toutefois, ce croisement avec la SNBC révèle un décalage important.

Cette observation soulève deux questions que nous avons également abordées dans notre étude. Premièrement, il se pourrait que les entreprises n'aient pas encore pris pleinement conscience des enjeux et doivent redoubler d'efforts. Deuxièmement, cela soulève également la question du niveau d'ambition de la SNBC : est-ce que ce document est trop ambitieux par rapport aux réalités du terrain ?

Il est important de noter que nous ne sommes pas là pour prendre position de manière catégorique à la Fabrique de l'Industrie. Nous ne sommes pas un lobby et nous ne cherchons pas à trancher hâtivement. Au contraire, nous posons des questions et nous essayons d'apporter des éléments de réponse pour contribuer au débat.

⁸ L'ADEME définit le Scope 1, 2 et 3. Le Scope 1 correspond aux émissions directes de chacun des secteurs d'activité. Le Scope 2 correspond aux émissions indirectes des différents secteurs d'activité liée à leur consommation d'énergie. Le Scope 3 correspond aux émissions induites par les acteurs et activités du territoire. Source : <https://www.territoires-climat.ademe.fr/ressource/42-14>

2.5. Quels sont les indicateurs clés utilisés pour évaluer le niveau de sobriété énergétique de ces entreprises ?

Il est intéressant de noter que la sobriété énergétique est étroitement liée à un changement de comportement des entreprises, indépendamment des efforts déployés pour l'efficacité énergétique. Cette distinction est cruciale : tandis que l'efficacité énergétique concerne l'utilisation de machines moins énergivores, la sobriété énergétique implique des ajustements dans les habitudes de fonctionnement, comme l'utilisation des machines à des moments spécifiques. Il est souvent difficile de quantifier la sobriété énergétique, contrairement à l'efficacité énergétique, que nous avons réussi à chiffrer dans notre étude en utilisant l'indicateur d'intensité énergétique, qui croise la consommation énergétique avec la valeur ajoutée.

En ce qui concerne les leviers d'action que nous avons identifiés dans notre enquête, ils sont principalement liés à la sobriété et à l'efficacité énergétiques. Ils incluent la modernisation de l'éclairage et du chauffage, l'utilisation de technologies ou de machines moins énergivores, et l'amélioration du rendement des équipements et des installations. Ces trois premiers leviers sont essentiellement liés à l'efficacité énergétique.

Ensuite, nous avons également identifié des mesures visant à optimiser le temps d'utilisation des installations, ce qui relève davantage de la sobriété énergétique. Nous avons également mentionné la révision des modèles opératoires, l'isolation du réseau d'énergie et l'isolation des équipements comme des mesures importantes dans ce domaine. En résumé, ces différentes mesures illustrent les efforts des entreprises pour promouvoir à la fois la sobriété et l'efficacité énergétiques dans leur stratégie de décarbonation.

2.6. Pouvez-vous partager des exemples concrets de mesures prises par les entreprises étudiées pour réduire leur empreinte carbone et adopter des pratiques plus sobres en énergie ?

Dans notre enquête, nous avons préalablement délimité le champ des leviers d'action pour les entreprises, plutôt que de laisser la porte ouverte à une multitude d'initiatives. Bien que nous n'ayons pas recueilli des initiatives très spécifiques de la part des entreprises, il est intéressant de noter que les défis de la décarbonation varient considérablement d'un secteur à l'autre.

Par exemple, les secteurs axés sur les produits finis se concentrent souvent sur la transition de leur consommation énergétique, en modifiant leur mix énergétique pour sortir des énergies fossiles. À l'inverse, les industries en amont, comme celles de l'acier ou du ciment, doivent non seulement changer leur consommation énergétique, mais également transformer leurs processus industriels. Ces secteurs émettent du CO₂ principalement par le biais de procédés industriels plutôt que pour des besoins énergétiques.

Dans le secteur de l'acier, par exemple, une technologie attendue pour réduire les émissions de procédés est la réduction directe du minerai de fer (DRI), qui remplace le charbon par de l'hydrogène. ArcelorMittal, par exemple, prévoit d'investir 1,8 milliard d'euros, partiellement financés par l'État français, pour remplacer ses hauts-fourneaux par des DRI. Cela permettra de réduire considérablement les émissions de CO₂, passant de 1,8 tonne à 0,5 tonne par tonne d'acier produite.

Concernant le ciment, au-delà des changements technologiques, une piste majeure est le captage et la séquestration du CO₂. Cette technologie consiste à piéger le CO₂ plutôt que de le laisser s'échapper dans l'atmosphère, en l'injectant dans des sites géologiques ou en l'utilisant pour produire d'autres produits industriels. Cependant, ces technologies sont très coûteuses en énergie et nécessitent des investissements initiaux considérables.

Nous constatons un problème potentiel en ce qui concerne la décarbonation, ce qui pourrait être perçu de manière relativement pessimiste en raison des effets induits sur l'utilisation des matières

premières et des différentes sources d'énergie. Par exemple, pour produire de l'électricité à partir d'hydrogène en remplacement des énergies fossiles, il est nécessaire de produire cette électricité et de la distribuer, ce qui implique la construction de lignes à haute tension nécessitant du cuivre. Cela soulève des questions sur la réalité de la transition énergétique et son efficacité réelle dans la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Quelle est votre perspective à ce sujet, en tenant compte de votre enquête ?

2.7. Sur la base de vos observations, je suis également d'accord sur le fait que l'accélération de la décarbonation dans l'industrie dépend largement de la décarbonation de l'industrie énergétique.

En effet, la transition vers un mix énergétique décarboné est essentielle pour soutenir la décarbonation de l'industrie. En France, nous bénéficions d'une électricité largement décarbonée, principalement grâce à l'énergie nucléaire, qui produit environ 70% de notre électricité.

Cependant, la disponibilité et le coût des énergies décarbonées, en particulier de l'électricité, représentent un défi majeur pour les grandes entreprises. Cela est notamment mis en évidence par le fait que l'industrie française consomme actuellement 110 térawattheures d'électricité par an, avec une prévision de surplus de consommation de 30 térawattheures supplémentaires d'ici à 2050.

Quant au déploiement opérationnel des énergies renouvelables en France, bien que je n'aie pas encore de données tangibles à vous fournir, je constate des lenteurs dans ce processus qui peuvent provenir de divers facteurs, notamment des aspects administratifs, mais aussi des exigences liées aux investissements massifs nécessaires pour transformer les sites de production industrielle.

Le principal frein au déploiement des infrastructures des énergies renouvelables réside davantage dans la lourdeur des investissements initiaux que dans des questions administratives. Cette décarbonation nécessite en effet des investissements considérables de la part des entreprises, d'autant plus dans un contexte économique complexe et avec une augmentation des prix de l'énergie. De plus, certaines technologies environnementales prometteuses, telles que le captage et le stockage du CO₂ ou l'hydrogène, manquent encore de maturité, ce qui ralentit également le processus de décarbonation.

En résumé, outre les défis financiers, la question de la maturité technologique joue un rôle essentiel dans la lenteur de la décarbonation par rapport aux attentes de la feuille de route et des industriels.

2.8. Quels sont les enseignements tirés de la façon dont ces entreprises intègrent la sobriété énergétique dans leur stratégie globale ?

Donc en substance, il est vrai que la crise énergétique a constitué une incitation économique pour les entreprises à entamer leur décarbonation. Cependant, il convient de nuancer cette affirmation.

En effet, la crise énergétique a également augmenté la facture énergétique des entreprises, réduisant ainsi leur capacité d'investissement et pouvant compromettre leur compétitivité. Malgré cela, la crise a encouragé des comportements de sobriété et d'efficacité énergétique. Toutefois, il est important de noter que la sobriété et l'efficacité énergétique ne seront pas suffisantes pour atteindre les objectifs de décarbonation à long terme. Il est donc essentiel d'envisager des solutions plus structurées, telles que l'utilisation de l'hydrogène. Cependant, l'augmentation du prix de l'électricité due à la crise énergétique pourrait également se traduire par une hausse des prix de l'hydrogène, ce qui pourrait freiner la mise en œuvre de projets basés sur cette technologie. Il est crucial d'anticiper et de prendre en compte ces deux aspects dans les efforts de décarbonation industrielle.

2.9. Pensez-vous que le soutien financier de l'État aux entreprises pour leur transition énergétique soit crucial ?

Effectivement, c'est une question cruciale. En réponse à la lourdeur des investissements, de nombreuses entreprises appellent à un soutien financier public pour les accompagner dans leur

transition vers la décarbonation. Sur ce point, il est intéressant de noter que le plan d'investissement France 2030 prévoit une enveloppe de plus de 5 milliards d'euros de subventions pour la décarbonation de l'industrie au cours des cinq prochaines années, soit près du double par rapport à France Relance. Cette augmentation des aides publiques est également soutenue par une augmentation parallèle des aides des entreprises, comme le montrent les données de la Banque de France.

Ce soutien de l'État est presque nécessaire, car les investissements de décarbonation manquent généralement de rentabilité économique pour les entreprises, en raison notamment des contraintes du marché carbone et de la concurrence étrangère qui ne subit pas les mêmes pressions environnementales. Ainsi, pour garantir la compétitivité des entreprises françaises tout en répondant aux exigences de réduction des émissions, il est crucial que les autorités publiques interviennent pour rendre la décarbonation un investissement viable économiquement.

2.10. Comment les entreprises réagissent-elles aux défis spécifiques liés à la décarbonation en fonction de leurs activités industrielles ? S'agit-il de délocalisation ?

Il y a en effet une question de prise de risque et des défis, notamment sur le plan financier, associée aux investissements de décarbonation. Ce risque concerne à la fois les aspects technologiques et économiques. Il est important de considérer également l'impact sur les prix des produits, car des investissements visant à produire des biens plus respectueux de l'environnement pourraient entraîner une augmentation des coûts, pouvant potentiellement conduire à une baisse de la demande et à une augmentation des importations. Cela soulève la question des émissions indirectes, qui peuvent être négligées si l'on ne prend pas en compte l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement. En fin de compte, il est essentiel de prendre en considération l'impact global sur les émissions de CO₂, car délocaliser la production peut accroître les émissions au niveau mondial, tandis que la relocalisation peut contribuer à une réduction globale des émissions.

2.11. Quel rôle jouent les partenariats (avec des entreprises, centres de recherche ou des universités), le cas échéant, dans les démarches de sobriété énergétique des grandes entreprises ?

Je pourrais vous rediriger vers ma collègue qui vient de publier une étude sur les innovations de rupture⁹. Nous l'avons publiée en fin d'année et elle explore le rôle des entreprises, des grandes entreprises, des start-ups, ainsi que du monde universitaire, académique et des centres de recherche dans ce domaine.

2.12. Comment cette étude peut-elle influencer les politiques ou les initiatives en faveur de la sobriété énergétique au niveau des grandes entreprises en France ?

Le terme « influencer » ne correspond pas exactement à notre démarche à la Fabrique d'Industrie, car nous ne sommes pas un groupe de lobbying. Notre objectif n'est pas d'influencer, mais plutôt d'objectiver les réalités, en identifiant les leviers d'action et les freins possibles de manière la plus neutre et objective possible. Cependant, nous reconnaissons que nos messages ont pour vocation d'être portés et entendus à une échelle nationale. Par exemple, lorsque nous soulignons que la sobriété énergétique ne suffira pas, c'est à la fois pour sensibiliser les industriels à la nécessité d'aller au-delà, et pour indiquer à la puissance publique qu'un accompagnement est nécessaire. Notre démarche n'est pas politisée, et nous nous efforçons de rester impartiaux dans nos analyses.

⁹ L'innovation de rupture, terrain de jeu exclusif des start-ups ? L'industrie française face aux technologies-clés

2.13. Quels sont les prochains défis ou enjeux que vous identifiez dans le domaine de la décarbonation pour ces entreprises ?

Donc, je vois deux grands défis à relever. Tout d'abord, il y a la maturation des technologies, qui est essentielle pour atteindre nos objectifs. Nous avons évoqué le CCU¹⁰ et le CCS, mais il existe également des technologies spécifiques à certains secteurs, comme dans l'aluminium et les anodes. Ces technologies sont actuellement à un stade expérimental et il est désormais crucial de passer à l'échelle industrielle. Ensuite, le deuxième grand défi de la décarbonation, comme l'a également révélé notre étude, c'est que cela ne concerne pas uniquement les opérations directes des entreprises, mais également toute leur chaîne de valeur. En fait, la majeure partie de l'empreinte carbone des entreprises provient non pas de leurs activités internes, mais plutôt de leurs fournisseurs en intrants et en matières premières, de leurs partenaires logistiques et de transport, ainsi que des prestataires de distribution en aval. Par conséquent, il est essentiel d'adopter une approche holistique de la décarbonation et de considérer l'ensemble de l'écosystème dans lequel les entreprises opèrent. Ce sera un défi de plus en plus important dans les années à venir, car il y aura des incitations réglementaires, notamment l'obligation de chiffrer les émissions indirectes dans les bilans carbone à partir du 1^{er} janvier 2023, qui vont peser sur les grandes entreprises en particulier.

3. Entre la décarbonation et la défossilisation, quelle place pour le goémimétisme ?

Je suis Pierre Gilbert. Je porte deux casquettes : celle d'entrepreneur et celle d'expert. En tant qu'entrepreneur, j'ai cofondé sator.fr¹¹ depuis deux ans. Cette plateforme propose des masters class en vidéo sur les sujets des transitions, notamment écologiques, abordant des thèmes variés et fournissant des outils pratiques. Notre public cible est large, allant du grand public aux entreprises, en passant par les élus et les écoles.

En tant d'expert, je travaille depuis huit ans en tant que prospectiviste des risques climatiques, à l'origine pour le ministère des armées, puis en tant que consultant indépendant pour diverses entreprises et organismes publics. Mon dernier ouvrage, « Géomimétisme : réguler le changement climatique grâce à la nature », est paru il y a trois ans, et je continue à explorer le potentiel des puits naturels de carbone et les stratégies de géo-ingénierie, notamment celles liées à la capture et au stockage du CO₂. Je suis également actif sur LinkedIn, où je partage des analyses et des perspectives sur des sujets tels que le CCUS¹², le DAC¹³ et le géomimétisme, qui propose une approche alternative à la géo-ingénierie, axée sur les solutions et les politiques publiques. En outre, j'ai cofondé l'Institut Rousseau¹⁴, une organisation similaire au Shift Project¹⁵ mais axée sur le financement de la transition et les politiques publiques, plutôt que sur les flux et les matériaux.

3.1. Comment votre expertise s'applique-t-elle au stockage de carbone ? Pouvez-vous expliquer le processus de stockage de carbone avec vos propres mots ?

Aujourd'hui, le sujet principal est la capture artificielle du carbone, qui se décline en deux grandes technologies apparentées. En réalité, elles suivent une logique similaire, que ce soit le DAC ou le

¹⁰ Capture et séquestration du CO₂ (CCU) et valorisation du CO₂ (CCS).

¹¹ Sator.fr : les savoirs d'avant-garde au service des transitions

¹² CCUS : captage, stockage, utilisation du CO₂

¹³ DAC : Direct Air Capture

¹⁴ Institut Rousseau : le laboratoire d'idées de la reconstruction écologique et républicaine

¹⁵ The Shift Project : The think tank Climat-énergie

CCUS. Le processus de base reste le même, impliquant la filtration du CO₂ à travers un sorbant¹⁶, généralement composé d'amines ou de produits chimiques similaires, suivi de sa libération par chauffage pour purification et compression. Cependant, ce processus est très énergivore, nécessitant un renouvellement constant du sorbant, ce qui constitue une part importante des coûts énergétiques du CCUS.

En ce qui concerne le transport et le stockage du CO₂ capturé, cela pose également des défis majeurs. Les sites de stockage ne sont pas uniformément répartis, et la cartographie précise des sous-sols est difficile en raison de leurs propriétés complexes. De plus, les fuites de CO₂ sont un problème potentiel, comme observé dans certaines expériences en Norvège et dans les Pyrénées.

Sur le plan de la réutilisation du carbone, cela peut être intéressant dans le cadre d'une stratégie nationale de réduction des émissions, notamment pour la production d'e-carburants. Cependant, cela ne suffira pas à remplacer complètement les combustibles fossiles dans tous les secteurs, notamment dans l'aviation.

En ce qui concerne le CCUS, il convient de noter que de nombreux projets ont échoué ou n'ont pas atteint les résultats escomptés. Les technologies actuelles ne parviennent pas à capturer tout le CO₂ émis, et des ruptures technologiques sont nécessaires pour rendre le processus plus efficace et économiquement viable. De plus, même avec des avancées technologiques, le déploiement industriel prendrait des décennies, ce qui rend cette approche peu efficace pour atteindre rapidement les objectifs de décarbonation.

En fin de compte, le CCUS peut représenter un piège en retardant les efforts visant à décarboner véritablement nos industries. Investir dans cette technologie risque de prolonger l'utilisation des combustibles fossiles au lieu de promouvoir des alternatives véritablement durables et efficaces.

3.2. Quel est votre avis sur les investissements actuels dans le CCUS, compte tenu des incertitudes technologiques qui persistent ?

Ma position est assez claire : je suis pour ne pas précipiter les choses. Je préconise un renforcement de la recherche et du développement (R&D) dans ces technologies. Actuellement, nous voyons une ruée vers le CCUS avec des investissements massifs, alors même que nous n'avons pas encore démontré son efficacité ni la viabilité du stockage du CO₂. Le BRGM¹⁷ commencera bientôt des tests sur les poches de gaz en France pour évaluer la faisabilité du stockage de CO₂, mais nous sommes déjà en train de promouvoir le CCUS dans une stratégie nationale visant à décarboner les 50 sites industriels les plus émissifs de France. C'est un quart de nos efforts de décarbonation, alors que nous ne savons même pas si cela fonctionnera.

Nous devrions attendre de prouver son efficacité avant de l'inclure dans nos plans de décarbonation, il n'est toujours pas pleinement opérationnel. Ainsi, je propose d'accentuer les efforts de R&D et d'attendre qu'il soit prouvé et scalable avant de l'intégrer dans nos politiques de développement, qu'elles soient publiques ou privées. En attendant, concentrons-nous sur des solutions éprouvées pour décarboner notre industrie.

3.3. Quelles technologies trouvez-vous les plus prometteuses ?

La sobriété énergétique implique des installations plus efficaces en termes de production énergétique, ce qui simplifie les choses. En effet, sobriété, efficacité et transition technologique forment le triptyque gagnant du concept de « négawatt », applicable à tous les secteurs.

¹⁶ Traduit de l'anglais, un sorbant est un matériau insoluble qui absorbe des liquides ou des gaz. Ils sont généralement utilisés pour éliminer les polluants et pour le nettoyage des accidents chimiques et des marées noires.

¹⁷ BRGM : Bureau de recherches géologiques et minières.

Cependant, il existe le risque d'un effet rebond où les gains de productivité entraînent une augmentation de la production et donc des émissions de CO₂. Pour contrer cela, une planification écologique est essentielle. Par exemple, la création d'un service public de captation du CO₂ pourrait empêcher les acteurs privés de profiter financièrement de cette capture, tout comme cela se produit avec l'électricité. En France, où la sobriété énergétique est moins préoccupante en raison de l'électrification des usages, il est crucial de ne pas privatiser les monopoles naturels tels que l'électricité, le rail ou le CO₂. La compensation carbone ne devrait être envisagée que lorsque toutes les autres options de décarbonation ont été épuisées, et pourrait impliquer des mesures telles que le CCUS ou des crédits carbone de proximité, soutenant ainsi les transitions vers des pratiques agricoles plus écologiques tout en réduisant les émissions industrielles de CO₂.

3.4. Quelles sont les implications de passer des énergies fossiles vers d'autres sources d'énergie, et quelles sont les conséquences sur la durabilité de cette transition ?

L'agroécologie offre une alternative viable à l'agriculture chimique actuelle, permettant une production alimentaire suffisante tout en préservant l'environnement. Cependant, son adoption est entravée par des obstacles culturels et politiques, notamment une obsession pour la propreté des champs et des intérêts financiers dominants. Une transition vers des pratiques durables nécessite une révolution politique et une planification écologique impliquant secteur public et privé. Malgré ces défis, il y a de l'espérance dans le potentiel des solutions naturelles pour absorber une partie importante de nos émissions de carbone, nécessitant une action mondiale coordonnée.

En tant que prospectiviste, je peux affirmer que l'histoire ne suit jamais simplement une courbe. Dans la théorie de Jean-Marc Jancovici, on prolonge les tendances actuelles sans prendre en compte les innovations potentielles. Par exemple, je connais un industriel, Asca Group¹⁸, basé à Nantes, qui produit des cellules solaires organiques avec un rendement de 23%, sans utiliser de métaux. Ces cellules sont flexibles, légères et moins coûteuses que le silicium. En France, ce genre d'innovation est sous-estimé en raison de notre dépendance au nucléaire. Cependant, cela démontre qu'avec une réelle volonté politique, il est possible de réduire notre consommation de métaux.

En tant qu'expert en biomimétisme, je crois que l'avenir de l'industrie réside dans les matériaux biosourcés, comme le bois, les algues, les oléagineux, etc. Nous pouvons déjà produire des plastiques et des fibres végétales alternatives, et nous ne faisons que commencer. Par exemple, en s'inspirant de la nacre, nous pouvons créer des matériaux aussi solides que le métal. Des exemples historiques, comme la voiture en plastique de chanvre de Henry Ford, montrent que nous pouvons réduire notre dépendance aux métaux. Je ne suis pas convaincu que nous devions augmenter notre extraction minière si nous engageons réellement dans la transition vers une économie durable.

Certes les scientifiques qui travaillent sur la fabrication de bioplastiques, montrent ainsi qu'il est possible de créer des matériaux sans recourir aux énergies fossiles. Certaines start-ups utilisent même des substances adhésives d'origine végétale pour leurs plastiques. Bien sûr, il y aura toujours des émissions associées au transport et à certains processus, mais en renforçant nos puits naturels de carbone et en décarbonant autant que possible, nous pourrions compenser ces émissions résiduelles avec de nouvelles forêts, des sols agricoles, etc. C'est là toute la logique.

3.5. Envisagez-vous une transition vers une société où l'État régule tout, passant de la gestion des individus à celle des objets ? Et où cela place-t-il les secteurs privés et les marchés dans votre modèle ?

Non, je suis plutôt en faveur d'un modèle mixte, un capitalisme encadré par les limites planétaires. Il ne s'agit pas d'abolir la propriété privée des moyens de production, mais plutôt de renforcer le secteur

¹⁸ Asca : le photovoltaïque organique à faible impact carbone

public et de renationaliser les monopoles naturels. C'est en théorie économique néoclassique, mais c'est aussi ma position.

En tant qu'entrepreneur, je comprends l'importance de la stimulation et de la liberté pour la création. Pour moi, l'avenir réside dans un dialogue plus étroit entre nos institutions de recherche, nos universités, nos laboratoires publics et la R&D des entreprises privées. Le modèle allemand illustre bien cette synergie entre ces deux mondes, ce qui les rend plus performants en recherche opérationnelle. Nous, en France, avons de grands talents en recherche fondamentale, mais nous devons améliorer notre capacité à transformer ces connaissances en applications industrielles, comme le font les Allemands et les Américains. Mon objectif est simplement de rééquilibrer les choses.

3.6. *Est-ce que vous pensez à d'autres éléments importants à nous indiquer?*

En réalité, le rôle de la finance dans tout cela est crucial. Le CCUS est fortement soutenu par les acteurs du conservatisme économique car il prolonge la durée de vie des installations émissives de 20 ans, ce qui renforce la valeur des actions de ces entreprises. Cela réduit également le risque d'actifs échoués pour ces entreprises. Si nous prenons au sérieux la transition vers une économie moins carbonée, cela signifie laisser 85% des combustibles fossiles dans le sol pour rester en dessous de 2 degrés Celsius. Cela exigerait une sortie rapide des processus carbonés. Par exemple, ArcelorMittal pourrait investir dès maintenant dans des technologies moins émissives pour éviter l'effondrement de la valeur de ses actions lorsque de telles réglementations entreront en vigueur. Sinon, il y a un risque d'effondrement des actifs, ce qui entraînerait des pertes importantes pour les banques et les fonds de pension. Le système financier doit se débarrasser de ces actifs liés aux énergies fossiles, et encourager les acteurs industriels à verdier leurs actifs. Les crédits carbone représentent un marché potentiel où le capitalisme pourrait prospérer davantage si les choses restent telles quelles.