



RAPPORT

Pour un déploiement du captage et du stockage du carbone (CCS/CCUS) à grande échelle en France

*Think tank indépendant dédié à la croissance, à la
compétitivité et à la prospérité*

Avril 2024

Préface

Dans son rapport « Perspectives de réduction massive des émissions de gaz à effet de serre dues à l'industrie pétrolière et l'utilisation de produits issus du raffinage et de la pétrochimie » d'avril 2022, la Fondation Concorde proposait, à contre-courant, de mettre en place en France et en Europe des infrastructures de captage et stockage de CO2 que nous avons qualifiées de « nouvelle infrastructure essentielle au même titre que l'électrification, les gazoducs et oléoducs, les autoroutes, les voies navigables... ».

L'idée a fait son chemin plus rapidement que prévu. La nouvelle proposition de la Commission européenne, qui vise une réduction des gaz à effet de serre de 90 % entre 1990 et 2040, mise désormais largement sur cette technologie de captage et le stockage du CO2 : elle table sur 280 millions de tonnes de CO2 qui seraient ainsi éliminées chaque année à partir de 2040. Et Les acteurs publics français confirment de plus en plus leur appui déterminé à cette technologie au travers d'une stratégie nationale.

Et c'est réjouissant de constater que commence à se développer une approche rationnelle de la transition climatique, l'écologie des solutions qu'a toujours promue la Fondation Concorde. Qu'est-ce qu'une approche rationnelle ? C'est une approche qui tient compte des facteurs limitants et qui comprend donc que, comme dans la plupart des projets humains, la ressource financière, l'argent, constitue la ressource la plus rare et qu'il faut donc de manière pragmatique choisir systématiquement l'option la moins coûteuse. Pour cela nous disposons d'une métrique, le coût de la tonne de CO2 évitée. A cet égard la capture- séquestration du carbone est chère, de 70 à 230 Euros la tonne de CO2 évitée selon les hypothèses et les situations, mais ce peut être moins cher, parfois bien moins cher que d'autres technologies ou même actions menées actuellement. Par exemple, il sera beaucoup moins cher d'utiliser des centrales électriques à gaz avec capture et séquestration du carbone pour faire le complément indispensable et important des ENR intermittentes que de produire, stocker et brûler de l'hydrogène pour alimenter ces turbines.

Certaines ONG mettent en cause le fait que la capture-séquestration du carbone va pérenniser le recours au pétrole et au gaz. Eh bien, elles ont raison ! Et c'est une bonne chose de pouvoir continuer, au moins pendant une période de transition, à utiliser du pétrole et du gaz, ainsi que les raffineries existantes : cela permet de faire des économies en continuant à utiliser des installations très coûteuses et donc à libérer des ressources financières pour mener d'autres actions de lutte contre le changement climatique. Et cela permet de bénéficier de tous les bienfaits des produits du raffinage du pétrole qui resteront encore longtemps indispensables : pour tous les matériaux de la vie de tous les jours, mais aussi les médicaments, les matériaux de la transition climatique, tout simplement les lubrifiants absolument indispensables au bon fonctionnement de toutes les machines que nous utilisons et enfin les matériels de nos armées. La disponibilité de produits pétroliers conditionne beaucoup plus qu'on ne le croit la transition climatique et constitue un enjeu clé de la souveraineté d'un pays.

Philippe Ansel
Rapporteur des études de la Fondation Concorde

TABLES DES MATIÈRES

1. La filière CCS/CCUS : de quoi s'agit-il ?

2. L'évolution récente vers la reconnaissance de la place du CCUS dans les stratégies de décarbonation

- 2.1. Perspective historique
- 2.2. Le débat sur les technologies du CCUS
- 2.3. La place du CCUS dans la stratégie nationale bas carbone
- 2.4. Développements récents en France

3. La place du CCUS dans la stratégie nationale bas-carbone

- 3.1. Un soutien public nécessaire pour le développement des technologies du CCUS
- 3.2. Un cadre réglementaire à adapter
- 3.3. Penser l'acceptabilité sociale
- 3.4. Le cas de la capture directe du CO₂ dans l'atmosphère (DAC)

Un développement de l'hydrogène encore incertain

1. La filière CCS/CCUS : de quoi s'agit-il ?

L'acronyme anglais CCS désigne les technologies de captage (ou capture) et de stockage (ou séquestration) du carbone (Carbon Capture and Storage, en français CSC). On parle également de CCU(S) lorsque tout ou partie du carbone capté fait l'objet d'une utilisation industrielle. Dans ce rapport, on utilise par commodité l'acronyme CCUS qui est d'usage courant, tant au niveau français qu'europpéen.

Il paraît utile de présenter rapidement ces technologies.

Le captage et le stockage du CO₂ consistent à capter le CO₂ (dioxyde de carbone), soit à sa source de production, dans les installations industrielles, soit directement dans l'air et à le stocker de façon pérenne dans le sous-sol. Le CO₂ peut aussi être considéré comme une ressource plutôt que comme un déchet, et être directement utilisé ou converti en un produit.

Plusieurs procédés sont utilisés pour capter le CO₂ à sa source de production.

Le captage en « postcombustion » – le plus mature et le plus utilisé – consiste à récupérer le CO₂ dans les fumées émises par la combustion en « lavant » celles-ci grâce à des solvants, généralement à base d'amines, des composés azotés qui dérivent de l'ammoniac. En moyenne, 90 % du CO₂ des fumées est récupéré. Outre sa maturité technologique, ce procédé présente l'avantage de pouvoir être mis en œuvre sur des installations existantes, sans nécessiter de modifications importantes. Il est en revanche très coûteux et consomme des quantités importantes d'énergie.

Le captage en oxycombustion consiste à réaliser une combustion avec de l'oxygène (presque) pur, plutôt qu'à l'air, produisant ainsi un gaz de combustion constitué presque exclusivement de CO₂ (de l'ordre de 90%) et de vapeur d'eau. Le CO₂ est alors plus facile à séparer de la vapeur d'eau. Le principal problème de ce procédé est le coût de production de l'hydrogène pur, obtenu en général par distillation cryogénique de l'air.

Enfin, le captage en précombustion consiste à extraire le CO₂ à la source en transformant le combustible initial, avant qu'il ne soit brûlé, par oxydation partielle en un gaz de synthèse, composé d'hydrogène, d'eau et de monoxyde de carbone, puis en introduisant de la vapeur d'eau dans ce gaz de synthèse. Celui-ci réagit et le monoxyde de carbone se convertit alors en CO₂, avec production additionnelle d'hydrogène. Le CO₂ et l'hydrogène sont ensuite séparés grâce à un solvant. Ce procédé a l'inconvénient d'être particulièrement coûteux et sa mise en œuvre nécessite une intégration en amont, lors de la conception de l'unité industrielle.

Ces technologies continuent d'évoluer, et on peut citer d'autres procédés qui visent à améliorer l'efficacité du captage et à en réduire le coût. C'est le cas du procédé de captage par le froid, baptisé « Cryocap », conçu par le groupe Air Liquide qui l'a mis en œuvre à partir de 2015 sur son site de production d'hydrogène de Port Jérôme (Seine-Maritime) ; il permet à la fois de capter le CO₂ émis par la production d'hydrogène par vaporeformage et d'obtenir un gain de production d'hydrogène. De même, la technologie « Carbonate Fuel Cell », développée depuis 2016 par ExxonMobil en partenariat avec la société FuelCell Energy inc., doit permettre de séparer plus efficacement le CO₂ de la vapeur émise par une installation de production d'électricité, d'accroître cette production et de réduire le coût du captage du CO₂.

Les techniques de captage direct du CO₂ dans l'air ambiant, ou « direct air capture » (DAC) en anglais, ont fait l'objet ces dernières années de plusieurs expérimentations, en particulier en Islande par la société suisse Climeworks. Deux types de procédés sont utilisés : les systèmes DAC solides, qui utilisent des filtres absorbants qui se lient chimiquement au CO₂ et, une fois chauffés, restituent un CO₂ concentré ; et les systèmes DAC liquides, qui font passer l'air à travers une solution chimique qui élimine le CO₂. La difficulté réside dans la faible concentration en CO₂ dans l'atmosphère (de l'ordre de 0,04%), et les coûts de captage sont actuellement très élevés, beaucoup plus que ceux du captage dans les fumées industrielles. L'Agence internationale de l'énergie (AIE), qui leur a consacré un rapport en avril 2022, considère néanmoins que les techniques de DAC font partie de la stratégie globale pour tendre vers la neutralité climatique. Ces techniques font partie, avec la plantation d'arbres qui absorbent naturellement le carbone, de ce qui est désigné en anglais par « carbon dioxide removal », qui consiste à capter le CO₂ déjà présent dans l'atmosphère.

Le transport du CO₂, par bateau et par gazoduc, ne pose pas de problème particulier ; son transport par gazoduc, déjà pratiqué, nécessite toutefois des installations de compression et d'injection adaptées. Il peut également être assuré par train ou par camion pour des quantités moins importantes.

Le stockage du CO₂ est envisagé essentiellement dans deux types de formations géologiques, sur terre comme en mer (offshore), à plus d'un kilomètre de profondeur : il peut s'agir de gisements épuisés d'hydrocarbures ou encore de couches géologiques adaptées telles que des aquifères salins profonds. Ces derniers représentent le potentiel le plus important mais leur structure et leur capacité à piéger durablement le CO₂ sont encore mal connues et nécessitent des recherches. Dans tous les cas, les stockages doivent être testés et qualifiés.

Enfin, le carbone peut faire l'objet de nombreuses utilisations, pour produire des solvants, des polymères, des plastiques, des médicaments, des matériaux de construction, etc. Il est aussi, avec l'hydrogène, un des composants de la production de carburants synthétiques ou e-carburants.

2. L'évolution récente vers la reconnaissance de la place du CCUS dans les stratégies de décarbonation

2.1. Perspective historique

Le captage du CO₂ est mis en œuvre dans l'industrie depuis déjà plusieurs décennies, tandis que l'injection de CO₂ dans le sous-sol est pratiquée depuis les années 1970 pour la récupération assistée du pétrole (Enhanced Oil Recovery ou EOR). L'intérêt pour le CCUS en tant que outil de la décarbonation a varié dans le temps. Les premiers travaux sur le CCUS ont été engagés en 2010/11 avec plusieurs projets notamment au Royaume-Uni, mais la prise de position en 2011 de l'Allemagne, les coûts associés à ces technologies et le bas prix du carbone au niveau de l'ETS ont freiné ce mouvement. Ils ont repris en 2018/19 à travers les rapports du GIEC et de l'AIE, dans un contexte d'augmentation du prix du carbone et en raison de l'absence pour certaines industries, telles que le ciment, d'autres possibilités technologiques pour réduire leurs émissions.

Les capacités de captage existantes représentent aujourd'hui entre 45 et 50 millions de tonnes, à comparer aux 40,9 milliards de tonnes d'émissions mondiales de CO₂ en 2023, et les projets se multiplient un peu partout dans le monde, en particulier aux Etats-Unis et en Europe (plusieurs centaines au total). La majeure partie des capacités actuelles se situe sur des sites industriels mais il existe également une petite vingtaine d'installations de capture directe dans l'air ambiant, la plus importante étant celle de Climeworks en Islande, inaugurée en septembre 2021, dont la capacité est encore modeste (4 000 tonnes de CO₂ par an).

Le CCUS est maintenant une technologie sur laquelle les Etats et industries se positionnent avec une perspective de 4 milliards de tonnes par an de CO₂ captées et stockées à l'échelle mondiale en 2030 et de 7 à 8 milliards de tonnes par an à l'horizon 2050, selon le scénario NZE (Net Zero Emissions) de l'Agence internationale de l'énergie. Le CCS apparaît comme un levier incontournable pour réduire les émissions de CO₂ « incompressibles ».



2.2. Le débat sur les technologies du CCUS

Un nombre croissant d'acteurs affirment ou relaient que le chemin vers la neutralité carbone ne se fera qu'en ayant recours au CCUS. A l'international, l'AIE (Agence internationale de l'énergie) et le GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) se sont clairement prononcés en ce sens.

La Commission européenne a publié le 6 février 2024 une communication sur sa stratégie pour « la gestion du carbone industriel dans l'UE ». Elle y déclare que les technologies de captage et de stockage du carbone sont une part de la solution pour atteindre la neutralité climatique en 2050 et qu'elles sont nécessaires pour la réduction des émissions dans les activités industrielles de l'UE, en particulier là où les options de décarbonation sont limitées. En lien avec sa nouvelle proposition, faite le même jour, de réduire de 90% les émissions de GES de l'UE à l'horizon 2040, la Commission table sur la capture de 280 millions de tonnes chaque année à cet horizon, cet objectif passant à 450 millions de tonnes/an à l'horizon 2050, une part importante de ces tonnages devant faire l'objet d'une utilisation.

Les propositions de la Commission visent à établir un « marché unique européen » pour la gestion du carbone, ce qui passe notamment par l'établissement d'un cadre réglementaire, d'une architecture de marché et d'une planification des infrastructures. Elle reconnaît que le déploiement du CCUS nécessitera un soutien financier, en particulier pour soutenir la recherche et l'innovation et pour la mise en place d'un réseau d'infrastructures de transport du CO₂.

En parallèle, dans le cadre des négociations en cours pour l'adoption du projet de règlement européen « industrie zéro émission nette » (NZIA), le CCUS est identifié comme une technologie stratégique et un chapitre du projet de règlement lui est consacré. Un objectif de captage d'au moins 50 millions de tonnes par an à l'horizon 2030 est fixé au niveau européen et les producteurs européens de pétrole et de gaz seraient tenus de contribuer à la réalisation de cet objectif.

Les pouvoirs publics français confirment de plus en plus leur appui déterminé au CCUS au travers d'une stratégie nationale. La feuille de route CCUS en France a été publiée en juin 2023 et constitue une étape décisive. La réflexion sur la définition de la stratégie française pour la capture et le stockage du carbone est menée au niveau interministériel, avec la participation de la DGE et de la DGEC au niveau des services et des cabinets industrie et transition énergétique. Le SGPE (Secrétariat général à la planification écologique) devient une cheville ouvrière centrale dans les sujets de transitions énergie et climat et identifie le CCUS comme une activité à développer. Le ministre de l'industrie a été chargé il y a un an par le Président de la République de définir une nouvelle stratégie de décarbonation de l'industrie française. A cette fin, une démarche a été engagée auprès des 50 sites industriels les plus émetteurs et des 4 branches les plus émettrices de GES (métallurgie, chimie, matériaux de construction, alimentaire), afin d'identifier les méthodes, les coûts, les enjeux de soutien public, etc., et de se donner les moyens de construire une véritable planification. L'objectif est désormais une division par deux des émissions sur 10 ans, soit une inflexion significative par rapport à la stratégie précédente (2018) et une véritable « révolution industrielle ».

Il y a ainsi un changement de regard de l'Etat français sur cette technologie qui était auparavant considérée avec une certaine suspicion. La doctrine officielle considère aujourd'hui le CCUS comme la solution de décarbonation en dernier recours pour les secteurs industriels tels que le ciment et la chimie qui n'ont pas de véritables solutions alternatives. Pour le ministère de l'industrie, la hiérarchie des outils de la décarbonation est aujourd'hui la suivante : l'électrification, le CCUS, la biomasse puis l'hydrogène.

Pour ses contradicteurs, le CCUS permettrait de prolonger l'utilisation des énergies fossiles et freinerait le développement d'autres énergies renouvelables. Certaines ONG voient d'un mauvais œil que ceux qui ont contribué au développement des énergies fossiles puissent bénéficier massivement du CCUS : la discussion est délicate car ce sont bien les pétroliers ou gaziers qui ont les compétences et références géologiques concrètes pour identifier les gisements de stockage du carbone. Malgré l'hostilité des ONG écologistes et l'avis réservé émis en novembre 2023 par le Haut Conseil pour le Climat, il y a actuellement en France un relatif consensus en faveur du développement du CCUS.

2.3. La place du CCUS dans la stratégie nationale bas carbone

Le chantier de la nouvelle stratégie du CCUS s'articule en France autour de trois niveaux :

§ La capture : l'Etat considère que le meilleur moyen pour soutenir les efforts des industriels est de garantir un prix du carbone. Cette garantie sera apportée dans le cadre de « contrats pour différence » (CFD) qui seront souscrits avec des industriels sélectionnés au terme d'appels d'offres qui pourraient être organisés par bassin industriel.

§ Le transport : le futur réseau de transport a vocation à collecter les émissions sur les sites de captage pour les amener vers des « hubs » en vue de leur expédition à l'étranger ou de leur stockage sur le territoire national. Ce réseau pourrait être constitué sur la base d'un axe rhodanien, d'un axe Seine et des sites de Dunkerque et de Lacq.

§ Le stockage : le seul site de stockage de carbone existant à ce jour est en Norvège (Northern Lighth). Deux options peuvent être envisagées pour disposer de capacités de stockage en France : utiliser les anciens gisements d'hydrocarbures (bassin parisien, Lacq) et chercher de nouvelles structures géologiques, surtout offshore (Manche, Golfe de Gascogne, Golfe du Lion). Selon le ministère de l'industrie, les nouveaux sites de stockage, qui devront passer la « barrière de l'acceptabilité », ne seront sans doute pas disponibles avant 2035 au plus tôt et il faudra avoir recours d'ici là à l'exportation et au site de Lacq.

Il s'agit d'une stratégie ambitieuse, la plus ambitieuse dans son genre au niveau européen. Il faudra une loi pour la régulation des infrastructures et sécuriser un budget. Le premier appel d'offres pour le stockage devrait être lancé courant 2024 et le rythme va s'accélérer les années suivantes.

Il existe en revanche une difficulté à surmonter, à savoir un risque de non convergence entre le calendrier de réalisation des infrastructures de transport et de stockage et celui de la capture, en d'autres termes entre les décisions d'investissement des entreprises émettrices et celles des financeurs des réseaux de transport et des sites de stockage.

En termes d'aides publiques, une enveloppe de 5 milliards d'Euros a été identifiée dans le cadre du plan France 2030 pour soutenir les efforts de décarbonation de l'industrie, notamment via le captage et le stockage du CO2. Mais la montée prévisible du prix du carbone devrait modifier rapidement les termes de l'équilibre économique du CCUS. D'autre part, on peut s'attendre à ce que les installations industrielles raccordées au réseau CCUS réduisent également leurs émissions d'ici à 2030 ou 2037, du fait de leurs autres efforts de décarbonation ; mais de nouveaux émetteurs sont appelés à se connecter, tels que les réseaux de chaleur. A terme, le volume capté pourrait atteindre 20 millions de tonnes par an.

2.4. Développements récents en France

Plusieurs industriels ont pris conscience de l'intérêt du CCUS et investissent sur cette technologie en France. On n'en est plus au stade des intentions mais à celui de la mise en œuvre de projets à l'échelle industrielle, en premier lieu dans les secteurs fortement émetteurs et pour lesquels les solutions alternatives de décarbonation sont très limitées.

Fin 2021, cinq industriels de la Basse Seine, implantés entre Rouen et Le Havre, se sont engagés dans une démarche collective de capture et de stockage de leur CO₂, avec l'objectif de capter jusqu'à 3 millions de tonnes par an à l'horizon 2030. Le schéma est que chaque industriel choisit la technologie qui lui paraît la mieux adaptée et que les équipements nécessaires pour le transport du CO₂ et son stockage sur le port du Havre avant son expédition vers les sites de stockage de la mer du Nord, seront mutualisés. Parmi ces industriels figurent les pétroliers TotalEnergies et Esso France, qui sont de gros émetteurs du fait de leurs raffineries et de leurs plateformes pétrochimiques.

Le projet 3D, qui a débuté en 2019, a vocation à démontrer les performances du procédé de captage développé par l'IFPEN. Localisé sur le site d'ArcelorMittal à Dunkerque, il s'agit d'une unité pilote de démonstration pour passer ensuite à l'échelle industrielle et être commercialisée par Axens (filiale de l'IFPEN). D'autres projets émergent, dans des secteurs tels que le ciment, la chaux, l'aluminium... Il y a donc une vraie mobilisation des industriels et fournisseurs technologiques. Dans le cas d'ArcelorMittal, on parle d'un million de tonne de CO₂ par an capté pour ce seul site.

3. Enjeux et défis pour un déploiement du CCUS à grande échelle en France

Le CCUS apparaît désormais comme l'une des clefs de cette « révolution industrielle », alors que son rôle était jusqu'alors considéré comme tout à fait marginal. Selon la stratégie présentée récemment par le Gouvernement, il devrait contribuer à la réduction des émissions à hauteur de 4 à 8 millions de tonnes par an d'ici à 2030, soit 10 à 20% des émissions de l'industrie française, et entre 15 et 20 millions de tonnes par an à l'horizon 2050.

Le déploiement du CCUS à grande échelle représente un véritable défi, notamment pour ce qui concerne la construction du modèle économique et l'acceptabilité sociale, alors que la maturité technologique est maintenant maîtrisée pour l'essentiel.

Les infrastructures de transport en aval du captage sont en cours de mise en place. Il faut à présent mettre en place les synergies entre tous les acteurs et bien structurer au préalable les modèles économiques. Pour le transport et le stockage, l'expédition du CO₂ vers des sites étrangers est privilégiée dans un premier temps mais, en parallèle, il faut identifier et développer des sites de stockage sur le sol métropolitain pour répondre à la volonté des pouvoirs publics de ne pas dépendre totalement de l'extérieur.

Aujourd'hui, les Etats-Unis ont clairement pris le leadership à la faveur de l'aide de l'Etat américain en faveur de la décarbonation (Inflation Reduction Act ou IRA), d'un territoire qui est vaste et de l'existence d'infrastructures, notamment de transport du gaz, qui peuvent être utilisés pour le transport du CO₂. Les pétroliers américains, en particulier, s'intéressent de très près à ces technologies. Pour ExxonMobil, le CCUS est le pilier de sa stratégie en vue d'atteindre la neutralité carbone en 2050. Il a annoncé début 2023 le lancement d'un projet de décarbonation par le CCUS du process de fabrication de l'hydrogène utilisé dans sa raffinerie de Baytown au Texas. Ce projet représente une capacité de captage de 7 millions de tonnes de CO₂ par an. Il s'inscrit dans un projet collectif de CCS de grande ampleur dans la région de Houston, dont la réalisation permettrait de capter et stocker environ 50 millions de tonnes par an d'ici à 2030.

L'Europe n'a toutefois pas à rougir et se positionne activement dans ce domaine, notamment avec des initiatives intéressantes en Mer du Nord, en Norvège, au Royaume-Uni, aux Pays-Bas et en France.

Tout dépendra de l'évolution des coûts actuels et de leur diminution possible. Il est aussi important de mettre en place l'infrastructure correspondante : il faut donner les moyens de transporter le CO₂ du point de capture au point de stockage. Le marché du CO₂ lié au CCUS est à organiser.

3.1. Un soutien public nécessaire pour le développement des technologies du CCUS

L'objectif net zéro de 2050 est difficilement atteignable sans investissement dans les technologies CCU et CCS. Or, l'investissement actuel est insuffisant. Il n'existe pas de chiffrage précis des investissements nécessaires. A 100 Euros la tonne de CO2 et des capacités de captage de 4 à 8 millions de tonne par an, on est sur des investissements de l'ordre de 4 à 8 milliards d'Euros sur 10 ans.

De manière générale, les efforts doivent porter sur chaque étape de la chaîne de valeur. Il n'y a pas une seule de ces étapes dont le démarrage ou le déploiement soit acquis. La répartition des efforts se concentre surtout dans les premières étapes et avant tout en France métropolitaine sur l'identification et la mise en service des lieux de stockage.

On notera le déséquilibre entre les stockages requis, disponibles dans quelques années, et les stockages existants à l'heure actuelle. Il faut lancer une dynamique sur la partie stockage. Pour un site de stockage, il faut en effet entre 5 et 10 ans pour le développer. Il ne faut plus perdre de temps, notamment au niveau réglementaire et sur les obtentions de permis.

Il est souhaitable que les supports à l'investissement ciblent les investissements des émetteurs industriels pour le captage de collecte de CO2 et transport de collecte.

La viabilité économique du CCUS dépend du prix du carbone sur le marché européen, qui est appelé à s'élever en raison de la réforme récente du système d'échange de quotas d'émission (SEQE ou ETS) et de la disparition progressive des quotas gratuits. S'il s'élève actuellement à un peu plus de 60 euros/tonne après avoir fluctué entre 80 et 100 euros/tonne de février 2022 à octobre 2023, il devrait atteindre 135 à 140 Euros/tonne vers 2035, ce qui permettrait d'assurer la rentabilité économique de certains projets. Le coût de la capture-séquestration du carbone serait en effet compris entre 70 à 190 Euros la tonne selon les situations (selon Adrien Nicolle, chercheur à la chaire Economie du climat de Dauphine), avec un coût du captage entre 40 et 150 Euros la tonne de CO2 et 30 à 40 Euros pour la compression, le transport et le stockage. D'autres sources[1] font état d'une fourchette de coûts de 70 à 230 Euros la tonne. En 2050, la valeur tutélaire du CO2 devrait être comprise entre 500 euros/tonne et 2380 euros/tonne (source : Quelle valeur accorder au CO2 pour parvenir à la neutralité carbone en 2050 ? Une estimation à partir du modèle ThreeME), ce qui se traduirait par des niveaux de prix du CO2 garantissant alors pleinement sa rentabilité.

Pour les industriels émetteurs, l'enjeu est donc la mise en place d'un dispositif qui permette de déclencher les décisions d'investissement et qui puisse en assurer la rentabilité avant 2035, date à partir de laquelle le prix du CO2 serait suffisant pour assurer le financement d'une partie des installations. Du côté des investisseurs, l'enjeu est d'avoir une visibilité sur les volumes de carbone qui seront transportés et stockés. Un support initial au développement des technologies CCUS est nécessaire. Il existe de nombreux projets à financer et le fonds européen pour l'innovation pourrait être sollicité dans cet objectif.

Les pouvoirs publics envisagent un système de soutien financier pour la phase amont du projet (décision d'investissement) qui pourrait reposer à la fois sur de l'aide à l'investissement et sur un dispositif de type « contrat pour différence » permettant de limiter le risque pour les investisseurs en cas de baisse du prix du carbone sur le marché européen de l'ETS et ce sans profit particulier en cas de hausse. Ainsi, si le prix de la tonne de CO2 sur le marché est inférieur au prix fixé dans le contrat, l'opérateur recevra une aide de l'Etat ; s'il est supérieur, l'Etat percevra la différence.

[1] IOGP Europe Paper, novembre 2023 : Creating a sustainable business case for CCS value chains

3.2. Un cadre réglementaire à adapter

Compléter le cadre législatif européen pour permettre le déploiement des technologies de CCUS apparaît nécessaire. Certains aspects devront être adaptés, notamment la substitution du carbone fossile par le carbone capturé dans l'industrie ; la Commission a proposé un objectif de captage et de stockage de 50 millions de tonnes de CO₂ par an à l'horizon 2030, à la réalisation duquel les producteurs européens de pétrole et de gaz devraient contribuer.

De nombreuses questions nécessitent encore une réflexion. A titre d'exemple, si une industrie telle que le ciment capture le carbone et transmet ce carbone à une autre (telle que la chimie), le ciment devra payer son CO₂ même s'il n'a pas été émis car la fin de vie n'est pas incluse dans le système ETS. On ne peut se permettre d'avoir un contexte ETS similaire à l'avenir qui aurait pour effet de créer soit des lacunes soit des doublons : l'essentiel est que le dispositif CCUS soit bien incitatif pour les entreprises concernées.

Plus généralement, il faut s'assurer que les échéances et chiffrages soient réalistes : l'inconnue principale – sur le plan européen – est d'ailleurs l'échéance prévue pour la fin de l'utilisation des énergies fossiles, le Président de la République ayant évoqué de son côté « 2040 ou 2045 ».

Le besoin d'une nouvelle législation existe aussi pour ce qui concerne la régulation économique des infrastructures de transport et de stockage, afin d'éviter les abus de position dominante de la part des opérateurs ; une problématique comparable à celle des réseaux de distribution d'électricité, si ce n'est que les réseaux de CO₂ ne desserviront qu'un nombre limité d'émetteurs.

3.3. Penser l'acceptabilité sociale

Au niveau européen comme en France, le CCUS reste mal perçu par les ONG.

En l'état actuel des connaissances techniques, le sujet est correctement maîtrisé et il est possible de stocker durablement du CO₂ dans le sous-sol. Le cadre réglementaire existe : les installations de stockage devront avoir une autorisation environnementale et une autorisation au titre du code minier.

Il y a un enjeu sur l'acceptabilité sociale. Les premières expériences sur le territoire ont montré une incompréhension du CCUS. Un travail de pédagogie est nécessaire, tout comme l'appui des autorités locales. La France dispose aussi de capacités offshore qui ne sont pas suffisamment explorées. Identifier des capacités souveraines et nationales est primordial.

3.4. Le cas de la capture directe du CO₂ dans l'atmosphère (DAC)

Il existe plusieurs réflexions sur les techniques pour aller chercher du CO₂ dans l'océan ou l'atmosphère ambiante. On peut noter une opération pilote en Islande et des recherches en cours au sein de l'IFPEN.

Plusieurs facteurs contribuent à rendre peu réaliste le développement de la capture directe du CO₂ dans l'atmosphère en France, notamment le problème de la disponibilité d'une énergie décarbonée abondante et le fait que le CO₂ présent dans l'atmosphère est très dilué.

Il y a aussi une problématique de rentabilité économique. Le coût de cette technologie est très élevé, à hauteur de 1 000 Euros/tonne, à comparer avec un coût de 50 à 200 euros/tonne pour la capture du CO₂ en sortie d'installation industrielle.

Il y a en revanche un enjeu de développement d'une expertise française en matière de DAC, dans une optique de conquête de marchés extérieurs. Des innovations sont nécessaires et il faudra penser à terme à des pilotes sur le territoire national.



Un développement de l'hydrogène encore incertain

Le développement de l'hydrogène soulève encore de nombreuses interrogations, en particulier sur la disponibilité en électricité décarbonée, et il faut envisager toutes les sortes d'hydrogène décarboné pour lancer un marché significatif de l'hydrogène. Il existe de nombreuses initiatives sur la production d'hydrogène à partir de ressources renouvelables et un lien fort avec le développement des technologies du CCUS.

L'hydrogène bleu, produit par vaporeformage du gaz naturel associé à la capture du CO2 produit lors de l'opération, est présenté comme une solution pour produire de l'hydrogène décarboné à un coût compétitif par rapport à celui de l'hydrogène vert (2 fois moins élevé selon le site IFPEN) et certains y voient une technologie de transition indispensable en attendant le développement de l'hydrogène vert. En revanche, d'autres contestent l'intérêt environnemental de cette technologie et mettent en avant notamment les risques de fuites de méthane.

L'avenir de l'hydrogène bleu reste cependant incertain aujourd'hui du fait de l'évolution de la réglementation européenne adoptée ou en cours de discussion. L'hydrogène d'origine renouvelable ou nucléaire semble avoir un réel potentiel de développement.



Conclusion

Il est heureux de constater que le captage-stockage du carbone (CCS) est sorti du ghetto où il était relégué il y a encore quelques années et est désormais pleinement reconnu comme un instrument, parmi d'autres, de la lutte contre les émissions de CO₂, tant au niveau européen qu'au niveau français. Au niveau français, il est désormais placé par le ministère de l'industrie au second rang dans la hiérarchie des outils de la décarbonation, après l'électrification. Au niveau européen, il fait l'objet d'un chapitre entier du futur règlement « industrie zéro émission nette », sur lequel les colégislateurs européens se sont mis d'accord le 6 février dernier, le jour même de la publication par la Commission européenne d'une communication sur la « gestion du carbone industriel dans l'UE ».

Il ressort de ce qui précède que le CCS est considéré en premier lieu, tant au niveau européen que français, comme un outil pour décarboner les activités industrielles pour lesquelles il n'existe pas ou peu de solutions alternatives, en raison notamment de leurs procédés de production. Le cas de l'industrie du ciment est emblématique à cet égard, mais on peut citer bien d'autres secteurs, y compris la métallurgie, le raffinage du pétrole et la pétrochimie. Cette réalité est un impératif de souveraineté industrielle tant national qu'europpéen qui répond de fait aux critiques de ceux qui voient dans le CCS un subterfuge des producteurs d'énergies fossiles pour justifier la poursuite de leurs activités. Mais qui se justifie également par la nécessité de faire des choix et de définir des priorités, s'agissant de technologies qui vont nécessiter des investissements coûteux.

Cela ne signifie pas que le CCS constitue une solution miracle immédiate et que toutes les conditions soient réunies pour assurer de manière optimale son déploiement à grande échelle. Les technologies existantes ont un coût élevé et sont énergivores. Le captage-stockage du carbone doit encore trouver son modèle économique. Enfin, l'acceptabilité sociale du stockage de carbone n'est pas acquise par avance, en particulier dans notre pays, où le réflexe NIMBY (« Not in my back yard ») est assez répandu.

Un soutien public fort et durable sera donc nécessaire pour soutenir la recherche et l'innovation, mettre en place un cadre réglementaire, sécuriser la viabilité économique des projets et faire accepter les stockages par le public.

Pour favoriser la mise en place du CCS en France, la Fondation Concorde émet quatre recommandations en complément des orientations du gouvernement :

- Planifier la convergence entre le calendrier de réalisation des infrastructures de transport et de stockage et celui de la capture par les entreprises émettrices
- Décompter les émissions de Carbone des installations industrielles faisant appel au CCS du système d'échange de quotas d'émission (European Emissions Trading System ETS)
- Publier un livre blanc pour sensibiliser l'opinion, les populations et les collectivités locales des hubs programmés sur les enjeux du CCS
- Prévoir que les projets de captage, d'infrastructures de transport et de stockage du carbone sont réputés répondre à une raison impérative d'intérêt public majeur au sens du 4° du I de l'article L. 411-2 du code de l'environnement, dès lors qu'ils satisfont à des conditions définies par décret en Conseil d'Etat



*Think tank indépendant dédié à la croissance, à la
compétitivité et à la prospérité*

fondationconcorde.com



17, rue de l'Amiral Hamelin

75116

01 72 60 54 39

info@fondationconcorde.com