



# Atteindre la neutralité carbone

LIVRE BLANC

## Le rôle indispensable du CCUS



France Ciment

ÉDITION 2025

# RÉSUMÉ

**Le développement des technologies de captage, stockage et valorisation du CO<sub>2</sub> (CCUS en anglais, CSCV en français) est essentiel pour atteindre les objectifs de décarbonation de l'économie française et de souveraineté industrielle.**

L'industrie cimentière française, responsable de 2,5 % des émissions nationales de gaz à effet de serre (GES), **ambitionne de réduire ses émissions de 50 % d'ici 2030 (par rapport à 2015) et de contribuer à l'atteinte de la neutralité carbone d'ici 2050.**

Malgré des gains déjà réalisés grâce à l'amélioration de l'efficacité énergétique et des procédés industriels, la part incompressible des émissions liées à la calcination du calcaire (2/3 des émissions) nécessite, en dernier recours, l'utilisation des technologies de CCUS.

En France, la filière CCUS reste dans sa phase initiale avec plusieurs projets pilotes en cours. Son déploiement à grande échelle nécessite un cadre réglementaire clair, un soutien public fort et une coordination entre les acteurs de l'ensemble de la chaîne de valeur. **Ce livre blanc a pour objectif de clarifier le rôle du CCUS dans la décarbonation du secteur cimentier et d'identifier les leviers à activer, les freins à lever et les politiques publiques à mettre en place pour faire émerger une filière nationale de décarbonation.**

**La France dispose de tous les atouts pour devenir un leader du CCUS : des industriels engagés, des champions technologiques, des startups dynamiques et un écosystème scientifique de renommée internationale.**

**Soutenir cette filière n'est pas seulement une réponse climatique, c'est un choix stratégique pour préserver la souveraineté industrielle française.**



# Pour accélérer le déploiement du CCUS

Avec une bonne combinaison de politiques publiques, les projets de CCUS portés par l'industrie cimentière et par l'ensemble de la chaîne de valeur CCUS devraient voir le jour, et contribuer à l'atteinte des objectifs nationaux et européens en matière de réduction des émissions de GES.

Déployer le CCUS à grande échelle implique de lever les obstacles suivants :

- 1 Mettre en place un cadre réglementaire cohérent ainsi que des politiques publiques stables** pour accompagner le développement de la chaîne de valeur CCUS : garantir un accès transparent, équitable et non discriminatoire aux infrastructures de transport et stockage de CO<sub>2</sub> et un prix régulé du transport de CO<sub>2</sub>.
- 2 Œuvrer pour l'acceptabilité sociale** du CCUS en débattant publiquement au niveau national comme au niveau local.
- 3 Accélérer et simplifier les procédures administratives** pour mettre en œuvre les projets. Des facilités doivent être mises en place pour accélérer le développement des projets (dossiers de financement avec un guichet commun pour les différentes aides nationales et européennes, délivrance de permis).
- 4 Poursuivre le soutien financier à la décarbonation** par l'intermédiaire d'un soutien à la R&D et à l'industrialisation de technologies bas carbone. Les outils mis en place dans le cadre de France 2030 doivent être pérennisés. Les recettes du marché carbone européen (ETS), qui augmenteront dans les prochaines années du fait de la diminution des allocations de quotas gratuits aux industriels, doivent être fléchées vers la décarbonation de l'industrie.
- 5 Mettre en place un Contrat carbone pour différence** avec un prix de CO<sub>2</sub> indexé sur le prix du marché carbone européen (ETS).
- 6 Adapter la comptabilité du carbone** de manière à accompagner la montée en puissance des investissements dans la décarbonation.
- 7 Répondre aux besoins croissants d'électricité décarbonée et compétitive pour le captage** : quantifier et planifier les développements de l'offre dédiée à la production industrielle, accélérer les demandes de raccordements électriques pour les nouveaux sites ou augmentation de puissance, favoriser l'autoconsommation.
- 8 Intégrer les consommations d'électricité de la décarbonation dans la compensation des coûts de CO<sub>2</sub> indirects** pour rétablir une situation de concurrence équitable sur les prix de l'électricité entre l'Europe et les pays tiers.
- 9 Reconnaître le caractère durable des e-fuels à base de CO<sub>2</sub> fossile au-delà de 2041** : révision de l'acte délégué sur les carburants renouvelables d'origine non biologique (RFNBOs).
- 10 Créer une politique de la demande grâce aux marchés pilotes** et/ou de la commande publique pour les produits bas carbone.

# Sommaire

05 - 08

**Introduction**

09 - 14

**Le CCUS au service de la transition  
vers la neutralité carbone**

15 - 16

**Assurer le déploiement synchrone  
de la chaîne de valeur CCUS**

17 - 18

**Stimuler la rentabilité  
économique des projets CCUS**

19 - 21

**Le CCUS dans la sphère publique**

22

**Une opportunité de leadership  
technologique**

23

**Glossaire**



# Introduction

**Le développement des technologies de captage, stockage et valorisation du CO<sub>2</sub> (CCUS en anglais, CSCV en français) constitue une brique essentielle de la décarbonation de l'économie et de la stratégie de souveraineté industrielle.**

**Connues et utilisées depuis longtemps, ces technologies connaissent un nouvel essor, portées par le GIEC qui les intègre dans les scénarios climatiques de référence visant à contenir le réchauffement mondial en dessous de 2°C<sup>(1)</sup>. Elles permettent de traiter les émissions incompressibles de secteurs industriels tout en ouvrant la voie à de nouveaux usages (fabrication de carburants de synthèse, procédés industriels circulaires).**

(1) Selon le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), toutes les trajectoires permettant de limiter le réchauffement climatique à 1,5°C prévoient l'élimination du carbone de l'atmosphère en plus des actions de réduction des émissions.

**L'industrie cimentière française ambitionne de réduire ses émissions de gaz à effet de serre (GES) de 50 % d'ici 2030 (par rapport à leur niveau de 2015), et à contribuer à l'atteinte de la neutralité carbone en 2050.**

Ce défi est complexe et historique pour le secteur. La production de ciment est la source de 2,5 % des émissions de GES françaises, soit 10 millions de tonnes en 2021, principalement en raison du processus de calcination du calcaire qui libère du dioxyde de carbone dans l'atmosphère (soit les 2/3 des émissions). Les solutions pour réduire ses émissions par l'amélioration de l'efficacité énergétique et des procédés sont exploitées au maximum – avec de nombreux projets réalisés, en cours et en préparation.

**C'est seulement en dernier recours que l'usage des technologies de CCUS est envisagé, indispensable pour abattre cette part incompressible des émissions.**

## Le ciment et le béton dans la transition énergétique

Bien que leur consommation soit amenée à baisser dans les années à venir du fait des impératifs de sobriété portés par la transition énergétique, produire du ciment et du béton sera toujours nécessaire. Les scénarios « sobriété » de l'ADEME montrent en effet que l'on aura toujours besoin de construire des infrastructures, notamment pour la transition énergétique et écologique, ainsi que pour l'adaptation au dérèglement climatique.

L'objectif du secteur est de maintenir la production de ciment en France et de ne pas laisser la place à des produits importés plus carbonés en provenance de pays tiers, ce qui contribuerait à aggraver l'empreinte carbone globale.



En France, bien que la filière CCUS reste dans sa phase initiale, des projets pilotes émergent. Son déploiement à grande échelle nécessite la mise en place d'un cadre clair, incitatif et coordonné avec les différents acteurs de la chaîne de valeur. **Ce livre blanc vise à expliciter l'usage du CCUS pour la décarbonation du secteur cimentier et décrire les leviers d'action, obstacles à lever et politiques publiques à renforcer pour accélérer l'émergence d'une véritable filière nationale de la décarbonation.**

Relever le défi climatique constitue une opportunité pour affirmer le leadership technologique de la France. L'écosystème d'innovation nécessaire existe déjà et ne demande qu'à s'épanouir. Le soutien de l'État est de ce point de vue indispensable avec une combinaison de politiques publiques adéquates.

### La France dispose de tous les atouts :

des industries émettrices prêtes à investir ;  
des champions technologiques disposant de savoir-faire reconnus mondialement ;  
des startups engagées dans une recherche appliquée pour mieux capter et mieux valoriser le CO<sub>2</sub> ; des centres de recherche et d'expertise publics de renommée internationale.

**Soutenir le développement d'une filière française du CCUS n'est pas seulement une réponse efficace, promue par le GIEC, pour relever le défi climatique : c'est un véritable choix politique.**

**Si la France ne s'engage pas dans cette voie, d'autres puissances mondiales rendront nos industries dépendantes de solutions techniques indispensables pour préserver l'avenir d'une production industrielle en France et en Europe.**

## Le CCUS dans la feuille de route de décarbonation de l'industrie cimentière

**La feuille de route de décarbonation du secteur cimentier<sup>(2)</sup> repose sur deux types de leviers :**

-  **les leviers traditionnels**, tels que l'amélioration de l'efficacité énergétique des sites, la substitution des combustibles fossiles (coke de pétrole...) par des déchets non recyclables (pneus, huiles usagées...), la réduction du taux de clinker dans les ciments ou son remplacement par des matériaux à plus faible empreinte carbone. Les cimentiers investissent depuis longtemps dans ces leviers qui sont bien connus et maîtrisés. Ils ont permis une réduction des émissions de 12 % depuis 2015 et contribueront à réduire les émissions du secteur de - 27 % à horizon 2030 ;
-  **le captage de CO<sub>2</sub>**, incontournable pour les émissions de procédé causées par la calcination et la décarbonatation du calcaire et qui sont inhérentes à la production de clinker. Avant d'investir dans le CCUS, les cimentiers s'appuieront au maximum sur les leviers traditionnels. L'utilisation des technologies CCUS est l'unique solution pour abattre les 23 % des émissions inévitables, et atteindre les - 50 % d'ici 2030.

(2) France Ciment, 2023. Feuille de route de décarbonation de la filière ciment.  
Accessible depuis <https://www.france-ciment.fr/enjeux/decarbonation/>

## Comment le secteur peut-il contribuer à l'atteinte de la neutralité carbone ?

La neutralité carbone se définit comme l'équilibre entre les émissions de gaz à effet de serre et la capacité de séquestration des puits de carbone, principalement naturels (océans, forêts, sols), ou technologiques, à l'échelle de la planète<sup>(3)</sup>. **L'objectif est donc de séquestrer autant de carbone que l'on en émet dans l'atmosphère et limiter le réchauffement climatique à moins de 2°C, conformément à l'Accord de Paris sur le climat.**

Le secteur cimentier, du fait de sa part d'émissions inévitables liées à la décarbonatation du calcaire (2/3 des émissions), émettra toujours du carbone. Son captage et son stockage constituent les seules solutions pour réduire significativement son empreinte carbone.

**Le carbone capté à la cheminée des cimenteries provient de deux sources :**

**d'une part le CO<sub>2</sub> fatal issu du processus chimique de décarbonatation du calcaire :**

ce carbone minéral, jusqu'alors contenu dans le calcaire, retourne dans le sous-sol où il est séquestré de manière permanente ;

**d'autre part, le CO<sub>2</sub> issu de la combustion de déchets non recyclables contenant**

**en partie de la biomasse.** Entre 15 et 20 % du carbone capté en cimenterie sera d'origine biogénique, générant ainsi des émissions négatives (c'est-à-dire du carbone définitivement retiré de l'atmosphère). Ces émissions négatives compenseront les émissions résiduelles du secteur et contribueront à l'objectif de neutralité carbone.



(3) ADEME, 2021. AVIS de l'ADEME – La neutralité carbone. Accessible depuis <https://librairie.ademe.fr/industrie-et-production-durable/4524-avis-de-l-ademe-la-neutralite-carbone.html>



# Le CCUS au service de la transition vers la neutralité carbone

09

Le CCUS est le procédé consistant à capter le dioxyde de carbone, à le transporter vers un site où il sera stocké de manière permanente dans des formations géologiques, ou bien valorisé et transformé en carburants de synthèse ou produits chimiques à haute valeur ajoutée.

Depuis le captage du carbone jusqu'à son enfouissement ou sa valorisation, différents opérateurs prennent en charge les étapes successives, formant une chaîne de valeur dont les actions sont dépendantes les unes des autres.

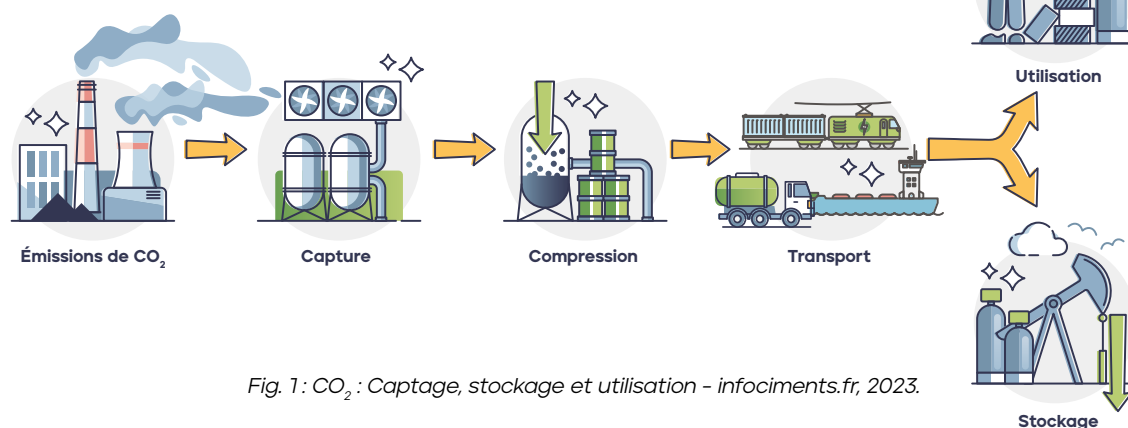


Fig. 1: CO<sub>2</sub> : Captage, stockage et utilisation - infociments.fr, 2023.

## Captage

**Le captage consiste à prélever le CO<sub>2</sub> à la source, au niveau de l'installation industrielle, pour éviter son émission dans l'atmosphère.** Il existe différentes technologies permettant chacune de capter plus de 90 % du CO<sub>2</sub> contenu dans les fumées à la cheminée :

- **le captage post-combustion** permet de retirer le CO<sub>2</sub> des fumées après la combustion, à la sortie des cheminées industrielles, en recourant notamment à l'absorption chimique à l'aide de solvants (amines), technique la plus communément utilisée aujourd'hui ;
- **le captage précombustion**, lors duquel le combustible est transformé avant la combustion par vaporeformage ou oxydation partielle pour produire un mélange de CO<sub>2</sub> et d'hydrogène. Le CO<sub>2</sub> est séparé du flux gazeux avant la combustion ;
- **l'oxy-combustion**, pendant laquelle la combustion est réalisée en présence d'oxygène pur à la place d'air ambiant, ce qui permet d'obtenir des fumées plus concentrées en CO<sub>2</sub>, facilitant le captage.

## Transport

**Une fois capté, le CO<sub>2</sub> est transporté vers un lieu de stockage ou de valorisation.**

Les cimenteries étant souvent isolées géographiquement, loin des principaux hubs de transport que sont aujourd'hui Dunkerque, Fos-sur-Mer et Saint-Nazaire, le CO<sub>2</sub> capté devra parfois être acheminé sur de longues distances **par le biais de pipelines (carboducs) ou par transport routier, ferroviaire, fluvial ou maritime.** Cette logistique nécessite le développement d'infrastructures de transport et de conditionnement (carboducs, terminaux de liquéfaction).

Les spécifications pour la qualité du CO<sub>2</sub> (pureté, concentration, pression...) sont spécifiques aux différents modes de transports. La définition de ces spécifications conditionnera la capacité des flux à emprunter les canalisations et constitue donc un véritable enjeu industriel. Une coordination des exigences pour la qualité du CO<sub>2</sub> est nécessaire tout le long de la chaîne de valeur pour éviter les redondances dans les procédés de filtration du CO<sub>2</sub> et les surinvestissements.

Le futur réseau de canalisation de CO<sub>2</sub> sera à l'image des réseaux de transport et de distribution de gaz naturel, moins dangereux puisque le CO<sub>2</sub> est un gaz inerte. Certains projets prévoient de réutiliser des canalisations de gaz qui ne sont plus en opération.

## Ciment, acier, chimie...

### Ces secteurs pour lesquels capter le CO<sub>2</sub> a du sens

L'industrie cimentière se prête bien au captage du fait de la forte concentration de CO<sub>2</sub> en cheminée qui rend l'opération relativement aisée. Les 20 cimenteries françaises comptent parmi les 50 sites industriels en France les plus émetteurs.

Aussi, les volumes d'émission générés permettent d'amortir des investissements très lourds. Seuls quelques secteurs industriels ayant une part d'émissions de GES inévitables possèdent ces caractéristiques : outre le ciment et la chaux, c'est aussi le cas de la sidérurgie, de la chimie lourde ou de la production d'aluminium.

#### Il faut donc distinguer le captage et stockage (CCS) de l'élimination du carbone (EDC) :

- **le CCS consiste à capter le CO<sub>2</sub> à la source d'émissions (cheminée d'usine) puis à le transporter en vue de le stocker dans des formations géologiques profondes de manière permanente.** L'objectif est d'éviter de nouvelles émissions de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère ;
- **l'élimination du carbone (EDC ou CDR pour l'acronyme anglais Carbon Dioxide Removal) désigne l'ensemble des procédés qui permettent de retirer le CO<sub>2</sub> déjà présent dans l'atmosphère, en vue de le stocker durablement.** Cela comprend notamment le captage direct dans l'air (en anglais DAC) ou les technologies de bioénergie avec captage et stockage de CO<sub>2</sub> (BECCS). L'objectif est de réduire la concentration atmosphérique de CO<sub>2</sub>.



## Stockage

**Une fois sur son lieu de stockage, le CO<sub>2</sub> est injecté dans des formations géologiques pour un stockage permanent, situées sous la mer (*offshore*) ou bien dans le sous-sol (*onshore*).**

Les sites de stockage répondent à un cahier des charges précis qui garantit le stockage permanent du CO<sub>2</sub> et prévient tout risque de fuite et de contamination du milieu naturel. Le réservoir doit être une couche poreuse, perméable, profonde d'au moins 800 mètres pour assurer les conditions de température et de pression du carbone et dans laquelle il est possible de stocker une quantité importante de CO<sub>2</sub>. Une couche de roche imperméable doit enfermer le gaz dans la formation.

**Deux types de formations géologiques répondent à ces conditions : les aquifères salins profonds et les gisements d'hydrocarbures déplétés.**

 **Les aquifères salins profonds** sont des formations géologiques souterraines contenant de l'eau salée impropre à la consommation humaine ou à l'irrigation et situées à grande profondeur, souvent à plusieurs centaines de mètres sous la surface de la terre.

 **Les gisements d'hydrocarbures déplétés** désignent des réservoirs d'hydrocarbures (pétrole et gaz naturel) épuisés à la suite de l'extraction des ressources.

Le stockage de CO<sub>2</sub> est une technologie relativement ancienne et fait appel aux mêmes procédés qui ont permis l'extraction d'hydrocarbures. Des pays comme la Norvège ou les États-Unis stockent du CO<sub>2</sub> dans des réservoirs d'hydrocarbures depuis plusieurs décennies. Les sites de stockage dédiés à un usage commercial situés en Mer du Nord sont aujourd'hui les plus avancés, à l'image de Northern Lights, projet pionnier norvégien, qui accueille depuis l'été 2025 du CO<sub>2</sub> capté dans un gisement d'aquifère salin profond. Plusieurs projets de captage d'industriels européens comptent recourir aux services de Northern Lights.

La France œuvre à faciliter l'accès aux sites de stockage en mer du Nord dans le cadre d'accords bilatéraux signés avec la Norvège et le Danemark. D'autres projets européens sont en cours, en particulier en Norvège, au Danemark, aux Pays-Bas, ainsi qu'en Italie et en Grèce avec un stockage en Méditerranée.

Les capacités de stockage souterrain sont abondantes et bien identifiées. Selon l'Agence Internationale de l'Energie (AIE), la capacité mondiale de stockage de CO<sub>2</sub> serait comprise entre 8 000 et 55 000 gigatonnes<sup>(4)</sup>. L'AIE estime que **le potentiel de stockage terrestre (entre 6 000 et 42 000 gigatonnes) est plus important que le potentiel de stockage offshore (entre 2 000 et 13 000 gigatonnes)**. D'importantes recherches doivent être menées pour estimer les capacités réelles de stockage.

En France, l'étude menée par les pouvoirs publics français, baptisée EvastoCO<sub>2</sub><sup>(5)</sup>, évalue les capacités de stockage permanent « en structure fermée » dans les poches imperméables souterraines. Le potentiel de stockage français est ainsi estimé à 1,1 gigatonne, notamment sur la façade atlantique et les bassins parisiens, aquitain et lorrain. À ces réserves s'ajoutent celles des aquifères salins, évaluées à 3,7 gigatonnes. Tout projet qui démarrerait dans ces zones serait évidemment tenu de mettre en place un processus de concertation avec les parties prenantes, tel que prévu par le code de l'environnement et le code minier.

(4) Agence Internationale de l'Energie, 2020, CCUS in Clean Energy Transitions. Accessible depuis <https://www.iea.org/reports/ccus-in-clean-energy-transitions>

(5) ADEME, 2025, Estimation des capacités de stockage géologique de CO<sub>2</sub> en France métropolitaine. Accessible depuis <https://librairie.ademe.fr/industrie-et-production-durable/7966-estimation-des-capacites-de-stockage-geologique-de-co2-en-france-metropolitaine.html>



## Valorisation

**Approche complémentaire au stockage, la valorisation du carbone consiste à utiliser le CO<sub>2</sub> capté pour produire des carburants de synthèse ou produits chimiques à haute valeur ajoutée.**

L'utilisation de CO<sub>2</sub> comme matière première dans les procédés industriels est en place depuis longtemps, dans l'industrie agroalimentaire, pour les serres et dans certains procédés industriels (solvants). De nouvelles applications apparaissent comme la fabrication de produits chimiques à haute valeur ajoutée (méthanol, éthanol, polymères ...) ou carburants de synthèse (e-kérosène, e-méthanol). Ces produits pourraient, à terme, être utilisés comme produits intermédiaires dans l'industrie de la chimie.

**La valorisation du CO<sub>2</sub> capté et recyclé permet d'éviter de nouvelles émissions de combustibles fossiles dans l'atmosphère, mais ne constitue pas une séquestration permanente du carbone qui est réémis dans l'atmosphère lorsque les produits sont utilisés.**

Outre la transformation chimique, le CO<sub>2</sub> peut aussi être capté directement dans le béton ou les granulats grâce au processus de carbonatation accélérée, pour produire des granulats de béton recyclés carbonatés (GBRC) permettant de séquestrer le CO<sub>2</sub> tout en renforçant la structure des granulats. Cette valorisation correspond à un stockage permanent dans les produits, avec une liaison chimique irréversible.

La valorisation du CO<sub>2</sub> suscite beaucoup d'attentes pour la décarbonation de certains secteurs qui voient en elle l'opportunité de limiter leur dépendance aux combustibles fossiles, ou bien pour stocker le carbone. La maturité de ces technologies varie selon les secteurs. La valorisation offre une solution complémentaire au stockage et pourrait, à terme, concerner des volumes importants de carbone.

### **L'évolution de la réglementation et des dispositifs incitatifs joueront un rôle clé dans leur développement.**

Les règlements européens FuelEU Maritime et ReFuelEU Aviation introduisent des objectifs d'incorporation de carburants renouvelables dans les secteurs des transports maritime et aérien, ce qui constitue une incitation importante à les produire. Ces nouveaux besoins devraient favoriser l'émergence d'une filière de production de carburants alternatifs durables.

**D'importants freins réglementaires persistent toutefois pour le développement de cette filière puisque le cadre réglementaire européen actuel permet de comptabiliser uniquement la valorisation du CO<sub>2</sub> biogénique<sup>(6)</sup>.**

Le CO<sub>2</sub> émis par les cimenteries soit par décarbonation du calcaire soit via la combustion des déchets non biogéniques, même valorisé, ne peut être comptabilisé comme une réduction effective des émissions. Cette limite freine le développement de projets de valorisation de l'industrie cimentière au profit du stockage géologique, seule voie reconnue pour atteindre les objectifs de réduction des émissions de GES.



(6) Le règlement européen sur les carburants renouvelables d'origine non biologique (RFNBO pour Renewable Fuels of Non-Biological Origin) encadre la production et la certification de carburants d'origine non biologique et prévoit que pour la production de carburants de synthèse (e-fuels), le CO<sub>2</sub> utilisé comme intrant ne pourra plus provenir de sources industrielles fossiles après 2041. Seul le CO<sub>2</sub> biogénique ou capté dans l'air sera accepté pour que le carburant soit qualifié de RFNBO.

A large, shiny, metallic CO2 pipeline curves through an industrial facility, likely a power plant. In the background, a worker is visible on a high platform. The scene is set against a clear sky.

# Assurer le déploiement synchrone de la chaîne de valeur CCUS

Accélérer le déploiement de la chaîne de valeur CCUS constitue aujourd'hui une condition essentielle pour que les projets de captage des cimenteries puissent voir le jour, et atteindre les objectifs de décarbonation de la France.

Située en amont de la chaîne de valeur CCUS, l'industrie cimentière joue un rôle clé pour déclencher les projets de captage de CO<sub>2</sub> et permettre le développement de l'ensemble de la chaîne, qui aura vocation à terme à être étendue à d'autres émetteurs présents sur le territoire. Le risque porté par cette industrie est particulièrement élevé. **Il faut pour investir dans un projet de captage l'assurance que les infrastructures de transport et de stockage soient prêtes pour que soit évacué le CO<sub>2</sub> capté, et de la visibilité sur les prix d'accès aux infrastructures de transport et de stockage.** Cela nécessite une bonne coordination des investissements à tous les niveaux de la chaîne de valeur, de manière parfaitement synchrone.

**L'État doit jouer son rôle en offrant une garantie pour soutenir l'industriel qui aurait pris de l'avance, d'un côté ou de l'autre de la chaîne de valeur.**

Il faut également définir une chaîne claire de responsabilité et de partage du risque entre les différents acteurs de la chaîne de valeur (émetteurs, exploitants d'infrastructures, État). L'État doit accompagner les projets pionniers qui vont permettre d'initier les premières infrastructures et offrir des garanties aux industriels qui se lancent en premier dans ces projets.

### Prendre une décision finale d'investissement nécessite également l'assurance d'une stabilité réglementaire dans le temps.

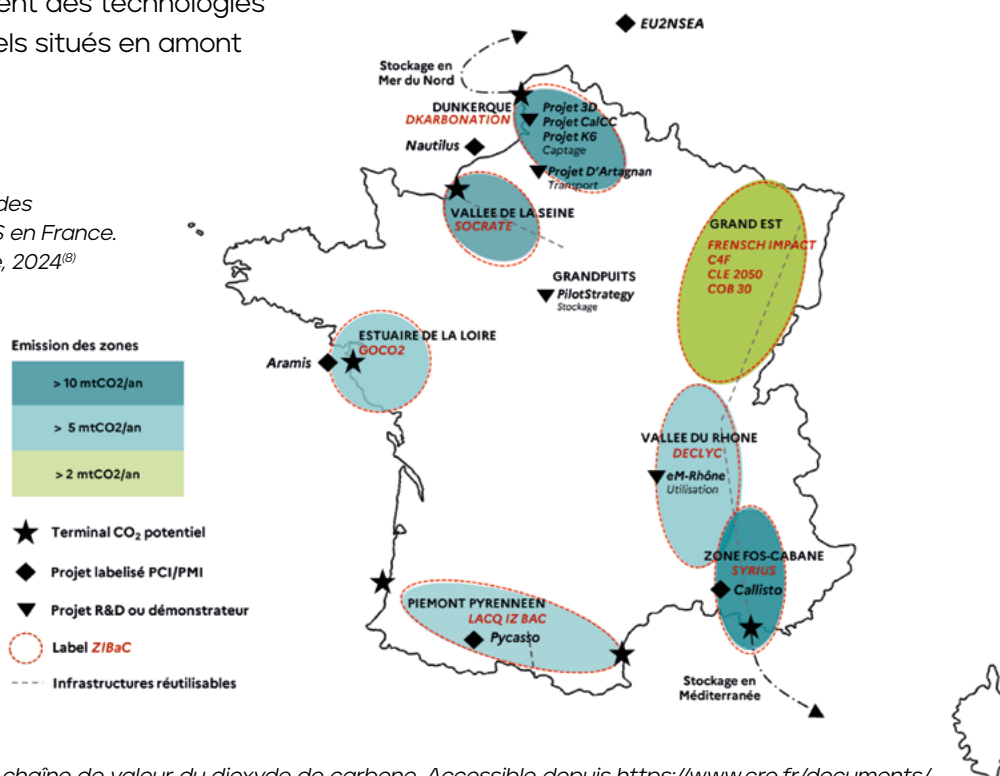
La mise en place d'un cadre législatif et réglementaire stable pour les différents acteurs est un préalable au déploiement de l'ensemble de la chaîne de valeur. Dans son rapport de juin 2023<sup>(7)</sup>, la Commission de Régulation de l'Énergie pose le cadre national d'une régulation souple des chaînes de valeur. Le déploiement des projets de l'industrie cimentière nécessite d'aller plus loin : il faut assurer un accès non discriminant aux infrastructures de transport et de stockage, de la transparence sur les conditions d'accès à ces infrastructures ainsi que sur les tarifs d'utilisation. L'accès au réseau doit en effet être défini de manière transparente, équitable et non discriminatoire, conditions nécessaires pour que les industriels puissent décider, aujourd'hui, de lancer les investissements.

La disponibilité de capacités de stockage suffisantes constitue également un point crucial dans le déploiement des technologies de captage des industriels situés en amont de la chaîne.

La mise en œuvre du règlement européen NZIA (*Net Zero Industry Act*) doit permettre le développement de capacités européennes de stockage de CO<sub>2</sub> en imposant notamment aux producteurs d'hydrocarbures de contribuer aux objectifs de stockage à hauteur de 50 Mt par an en 2030 (au prorata de la part de production de chaque entité entre 2020 et 2023). Ces dispositions sont essentielles pour la compétitivité et la souveraineté de l'industrie française.

**À ce jour, les projets de stockage qui pourraient être opérationnels en 2030 sont peu nombreux et principalement situés hors de France.** Outre la Norvège, le Danemark contribuera fortement aux objectifs européens grâce aux projets de stockage lancés sur son sol. Pour que les industriels français puissent monter des projets solides, il est nécessaire de lever les incertitudes sur la disponibilité et l'accessibilité des zones de stockage *onshore* et *offshore*, aussi bien sur les plans européens que français.

Fig. 2 : Carte de déploiement des différents projets CCUS en France. Ministère de l'Economie, 2024<sup>(8)</sup>



(7) CRE, 2024. Le captage et la chaîne de valeur du dioxyde de carbone. Accessible depuis <https://www.cre.fr/documents/rapports-et-etudes/le-captage-et-la-chaîne-de-valeur-du-dioxyde-de-carbone.html>

(8) Ministère de l'Economie, des Finances et de la Souveraineté industrielle et numérique, 2024. État des lieux et perspectives de déploiement du CCUS en France. Accessible depuis [https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/%C3%89tat%20des%20lieux%20et%20perspectives%20CCUS\\_0.pdf](https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/%C3%89tat%20des%20lieux%20et%20perspectives%20CCUS_0.pdf)



# Stimuler la rentabilité économique des projets CCUS

Le succès de la décarbonation est conditionné par la conception de modèles d'affaires viables pour les entreprises. Malgré les investissements massifs consentis par le secteur, en l'absence de rentabilité économique, un soutien public aux investissements est indispensable pour permettre aux projets de voir le jour.

17

**Le soutien de l'État doit se matérialiser par un soutien financier à l'industrialisation et au déploiement des technologies de décarbonation, en attendant la baisse des coûts liée à la diffusion de ces technologies.**

Dans le cadre de France 2030, l'État a mis en place un soutien ambitieux de 5 milliards d'euros pour déployer les solutions de décarbonation sur les sites industriels. La filière a mobilisé ce dispositif. Mais les investissements à réaliser sont considérables : **pour déployer les technologies de captage de CO<sub>2</sub> sur les sites cimentiers, ils sont estimés sur une fourchette de 2 à 4 milliards d'euros d'ici 2040.** Ces financements doivent être maintenus le temps nécessaire à la décarbonation.

La forte volatilité et l'absence de prévisibilité du prix du carbone à long terme freinent toute décision d'investissement dans les projets de CCUS. La mise en œuvre de « contrats carbone pour différence » (CCfD) offrirait un niveau de protection suffisant pour pallier ces incertitudes. Pour réduire l'écart de rentabilité des projets, la France pourrait s'inspirer des dispositifs mis en place en Allemagne ou au Pays-Bas.

## Qu'est-ce qu'un contrat carbone pour différence ?

**Un contrat carbone pour différence (CCfD, pour la formule en anglais *Carbon Contract for Difference*) est un instrument de politique climatique visant à soutenir financièrement les entreprises qui investissent dans des technologies bas carbone coûteuses et non rentables.**

Une autorité publique garantit un prix du carbone minimal. Si le prix du carbone sur le marché carbone européen (ETS) est inférieur au prix de référence garanti par l'autorité publique, celle-ci compense la différence. En revanche, si le prix du carbone sur le marché ETS est supérieur au prix de référence, l'industriel compense la différence. Le CCfD permet de garantir le prix du carbone sur une longue période (15 ans), offrant ainsi de la visibilité aux industriels sur un marché très volatil.

**Le CCfD réduit considérablement le risque économique et est un instrument clé pour faciliter les décisions d'investissement dans les projets de décarbonation.**



La révision du marché carbone européen (EU ETS) actuellement à l'étude doit permettre d'en faire un outil véritablement à même d'accompagner la transition de l'industrie. Flécher une part plus importante des recettes de l'EU ETS vers les projets de décarbonation des industries contributrices permettrait de financer la décarbonation malgré les contraintes budgétaires pesant sur les États. Ce d'autant que le Fonds Innovation, dispositif européen de soutien à l'innovation, rencontre des limites en termes de montants alloués, du nombre de candidats et de la difficulté croissante à respecter le critère d'innovation imposé pour être financé. Ce Fonds doit être complété par un **Fonds à la décarbonation visant à développer les projets de CCUS sur les sites, alimenté par les fonds de l'EU ETS.**

Du fait de l'augmentation des consommations d'électricité liées au captage de CO<sub>2</sub>, garantir l'accès à une électricité décarbonée, à un prix compétitif, et en volume suffisant est un facteur clé de la rentabilité des projets. La consommation d'électricité du parc de production de ciment est d'environ 1,9 TWh par an (hors sites de broyage). La mise en œuvre des projets de captage de CO<sub>2</sub> va entraîner une augmentation significative de ces consommations, qui seraient doublées. L'absence de visibilité sur les prix de l'électricité constitue un frein supplémentaire aux investissements dans la décarbonation.

**Enfin, la décarbonation doit être soutenue par un soutien à la demande de produits décarbonés grâce à la commande publique ou incitations telles que la mise en place de labels pour des produits considérés comme « proche de zéro carbone ».**



# Le CCUS dans la sphère publique

Les signaux perçus lors de consultations locales, ou encore le rejet - en première lecture - par une partie des parlementaires français de l'amendement au protocole de Londres permettant le transfert transfrontalier de CO<sub>2</sub> montrent qu'il est urgent de rendre disponible auprès des citoyens une information assise sur une expertise scientifique et technique fiable et indépendante.

## **L'acceptation sociale est l'une des conditions essentielles au lancement des projets de CCUS.**

Comme souligné dans le rapport de la Commission de régulation de l'énergie, elle relève d'abord du niveau local, dans les territoires directement concernés par les projets, mais également du niveau national. Les pouvoirs publics doivent s'emparer du sujet pour qu'il soit débattu publiquement, en amont des procédures de concertation organisées localement, et sur la base d'une information scientifique solide et indépendante pour permettre un débat serein.

La question de la sécurité des populations et des installations doit impérativement être traitée car elle suscite de nombreuses interrogations de la part de citoyens, particulièrement en ce qui concerne le transport et le stockage *onshore*. Rappelons en préalable que le CO<sub>2</sub> est un gaz naturellement présent dans l'atmosphère et nécessaire à la vie sur terre, inodore et non toxique. Des réservoirs souterrains de CO<sub>2</sub> naturellement piégé sous une couche imperméable qui empêche sa remontée existent naturellement, et servent de modèle pour les projets de stockage industriels.

## Le CCUS dans la sphère publique

Les technologies de captage sont pratiquées depuis longtemps, les premières applications étant apparues dès les années 1920 pour la purification du gaz naturel ou pour renouveler l'air dans les sous-marins avant d'être utilisées plus largement par l'industrie pétrolière, qui injecte depuis les années 1970 du CO<sub>2</sub> dans les puits de pétrole afin d'améliorer leur rendement (procédé EOR : *Enhanced Oil Recovery*). Ces technologies sont employées pour des raisons environnementales dans les années 1990, notamment en Norvège qui capte et stocke du CO<sub>2</sub> dès 1996 dans le cadre du projet Sleipner, à la suite de l'imposition d'une taxe sur les émissions de CO<sub>2</sub> des installations pétrolières et gazières. Le CO<sub>2</sub>, séparé du gaz naturel une fois extrait, est ainsi réinjecté dans un aquifère salin situé à environ 1 000 mètres sous le fond marin plutôt que d'être rejeté dans l'atmosphère.

La filière se doit d'apporter des réponses sur les risques pour la population et l'environnement aux interrogations soulevées par le développement du CCUS à grande échelle.

Parmi les interrogations qui reviennent le plus souvent figurent les risques liés aux fuites de carbone dans l'atmosphère en lien avec l'étanchéité des puits, les risques sismiques et les risques de pollution de nappes phréatiques.

Ces différents types de risques peuvent être maîtrisés grâce à une combinaison de mesures techniques et réglementaires.

**En Europe, le stockage géologique du CO<sub>2</sub> est encadré par la directive 2009/31/CE, qui pose le cadre juridique pour assurer un stockage sûr et permanent du CO<sub>2</sub>, sans risque significatif pour la santé humaine et l'environnement.**

Le texte présente des critères de sélection des sites et impose de démontrer une capacité à stocker durablement le CO<sub>2</sub> à travers des analyses complètes et des mesures de contrôle et de surveillance des sites. La directive CCS prévoit que la recherche d'un site de stockage se fasse dans le cadre d'un permis d'exploration, ce qui correspond à un permis exclusif de recherches (PER) en droit minier français. L'exploitation ne peut se faire qu'à l'issue de la délivrance d'un permis de stockage (ou une concession en droit minier français), accordée seulement si le porteur de projet démontre qu'il n'existe pas de risques de fuites ou dangers pour l'environnement et la santé humaine.





Pendant la phase d'exploitation, **l'industriel est tenu de surveiller ses installations et la formation géologique afin de détecter d'éventuelles fuites massives ou plus diffuses, ainsi que des phénomènes sismiques. La mise en place de systèmes de mesure et de surveillance continue des puits permet de s'assurer de l'absence de fuites.**

Au terme de l'exploitation, le site est transféré à l'État qui en assure la surveillance. Avant ce transfert, l'exploitant doit démontrer que le CO<sub>2</sub> restera confiné de manière permanente et s'acquitter d'une contribution financière. En France, le stockage de CO<sub>2</sub> à des fins de lutte contre le réchauffement climatique est soumis à autorisation au titre de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE).

Outre les questions liées à la protection de l'environnement et des personnes, le CCUS est parfois perçu comme un moyen de se détourner des « véritables » efforts de décarbonation, c'est-à-dire des réductions des émissions de GES. Dans le cas du ciment, les réductions d'émissions effectuées par l'intermédiaire de leviers de décarbonation traditionnels (amélioration de l'efficacité énergétique, substitution des combustibles fossiles par des déchets non recyclables, diminution du taux de clinker dans les ciments), poussés à leur maximum, ne suffisent pas pour réduire la part inévitable des émissions liées au procédé de calcination et décarbonatation du calcaire.

**Le CCUS est donc un levier nécessaire pour atteindre la neutralité carbone qui intervient uniquement en dernier recours, en complément des efforts effectués sur les autres leviers.**



# Une opportunité de leadership technologique

—  
22  
—

En amont de la chaîne de valeur du CCUS, le secteur cimentier français investit massivement dans sa décarbonation. Au-delà de la mobilisation d'industries émettrices prêtes à s'engager, la France dispose de nombreux atouts : des leaders technologiques au savoir-faire reconnu mondialement, des start-ups innovantes impliquées dans la recherche appliquée sur le captage et la valorisation du CO<sub>2</sub>, ainsi que des centres de recherche publics de renommée internationale.

Une politique publique cohérente et ambitieuse est indispensable pour atteindre les objectifs fixés en matière de décarbonation industrielle et de réduction des émissions de GES.

Avec une diversité d'acteurs impliqués - des grandes entreprises aux PME et start-ups - le développement de la chaîne de valeur du CCUS en France jette les bases d'une nouvelle économie locale, fondée sur l'innovation et la transition écologique.

Alors que les projets de CCUS se multiplient en Europe et dans le monde, et que des pays comme la Norvège, le Danemark ou le Royaume-Uni déploient des stratégies ambitieuses pour accélérer leur déploiement,

**il est crucial que la France intensifie son engagement.** Faute de quoi, les investissements et projets risquent de se concrétiser ailleurs.

**Soutenir l'émergence d'une filière française du CCUS ne constitue pas seulement une réponse efficace au défi climatique : c'est un véritable choix stratégique.**

Si la France ne s'engage pas résolument dans cette voie, d'autres puissances prendront l'avantage, et nos industries deviendront dépendantes de technologies clés, essentielles à la pérennité de la production industrielle sur notre territoire et en Europe.

# Glossaire

## Carbone biogénique

Carbone contenu dans la biomasse d'origine agricole ou forestière, émis lors de sa combustion ou sa dégradation, et dans la matière organique du sol.

## Carbone fossile

Carbone stocké dans les combustibles fossiles tels que le charbon, le pétrole et le gaz naturel.

## CCUS / CSCV

Captage, stockage et utilisation du carbone (acronyme en anglais pour carbon capture, utilisation and storage (CCUS), en français captage, stockage du carbone et valorisation du carbone (CSCV)).

## Élimination du carbone ou EDC

Désigne le captage et la séquestration du dioxyde de carbone présent dans l'atmosphère. Plus connue sous l'expression anglaise de *carbon dioxide removal* (abrégé : CDR).

## Émissions négatives

Ensemble des procédés permettant de retirer du dioxyde de carbone de l'atmosphère et de le stocker de manière permanente dans des réservoirs naturels (forêts, sols, océans) ou artificiels (stockage géologique, minéralisation). Elles consistent à retirer plus de carbone qu'on en émet, conduisant à une réduction de la concentration de gaz à effet de serre de l'atmosphère.



France Ciment

16 bis, boulevard Jean Jaurès  
92110 CLICHY  
Tél. : 01 55 23 01 23  
E-mail : [contact@france-ciment.fr](mailto:contact@france-ciment.fr)

[france-ciment.fr](http://france-ciment.fr)

