



Captage et stockage géologique du CO₂ (CSC)

Enjeux

En raison de l'utilisation massive de combustibles fossiles (pétrole, gaz naturel et charbon), les concentrations en gaz à effet de serre ont considérablement augmenté depuis le XIXe siècle, en particulier le dioxyde de carbone (CO₂), dont les émissions ont progressé de 80 % environ entre 1970 et 2004. Aucune solution unique ne permet aujourd'hui de répondre au défi de réduction des émissions de CO₂, jugé en grande partie responsable du changement climatique. Il est donc nécessaire de mettre en œuvre un panel de solutions (économies d'énergie, énergies renouvelables, ...). Parmi les options technologiques envisagées figure le captage du CO₂ émis en grande quantité lors de processus industriels tels que la production d'électricité, d'acier ou de ciment, pour le stocker de façon permanente dans le sous-sol. Cette technologie, appelée « Captage et stockage géologique du CO₂ » (CSC) pourrait alors contribuer à réduire les émissions mondiales de CO₂. En France, le captage et stockage géologique du CO₂ pourrait représenter un levier d'action supplémentaire pour remplir l'objectif du Facteur 4 (division par 4 des émissions de gaz à effet de serre).

Définition

Le captage consiste à séparer le CO₂ des autres gaz présents dans les fumées d'installations industrielles fortement émettrices (généralement plus de 100 000 tonnes de CO₂ par an). Il est ensuite comprimé pour en diminuer le volume puis transporté par bateau ou par canalisation et injecté via un puits d'injection dans le sous-sol terrestre ou marin, où il est stocké.

De façon complémentaire, une partie du CO₂ peut être valorisée après captage comme solvant ou réfrigérant, ou transformée dans des procédés chimiques ou biologiques pour former des intermédiaires chimiques, des carburants de synthèse ou encore des produits à haute valeur ajoutée, pour la pharmacie par exemple.

Chiffres clés

Les émissions mondiales de CO₂ dues à l'activité humaine (émissions anthropiques) atteignent actuellement 30 milliards de tonnes par an. Une moitié est piégée naturellement dans les océans, les sols et les forêts.

Selon l'Agence internationale de l'énergie (AIE), les économies d'énergie pourraient représenter 38% de l'effort nécessaire de réduction des émissions mondiales de CO₂ d'ici 2050 et les énergies renouvelables 17%. Le CSC pourrait y contribuer à hauteur de 19%. Cinq projets de CSC à grande échelle sont actuellement opérationnels dans le monde (en Norvège, Algérie, Canada et Etats-Unis). Quant à la valorisation du CO₂, seules 0,5% des émissions mondiales annuelles en font l'objet à l'heure actuelle.

En France, les émissions de CO₂ liées aux activités humaines sont d'environ 360 millions de tonnes par an. Elles proviennent pour environ un tiers des transports, suivi de l'habitat, de l'industrie et du secteur énergétique. Le CSC ne pouvant s'appliquer aux émissions des transports et de l'habitat, car trop diffuses, seules les émissions de la production d'électricité et les émissions industrielles concentrées sont concernées. Cela représente **un potentiel d'environ 75 millions de tonnes de CO₂ par an, soit 20% de nos émissions.**

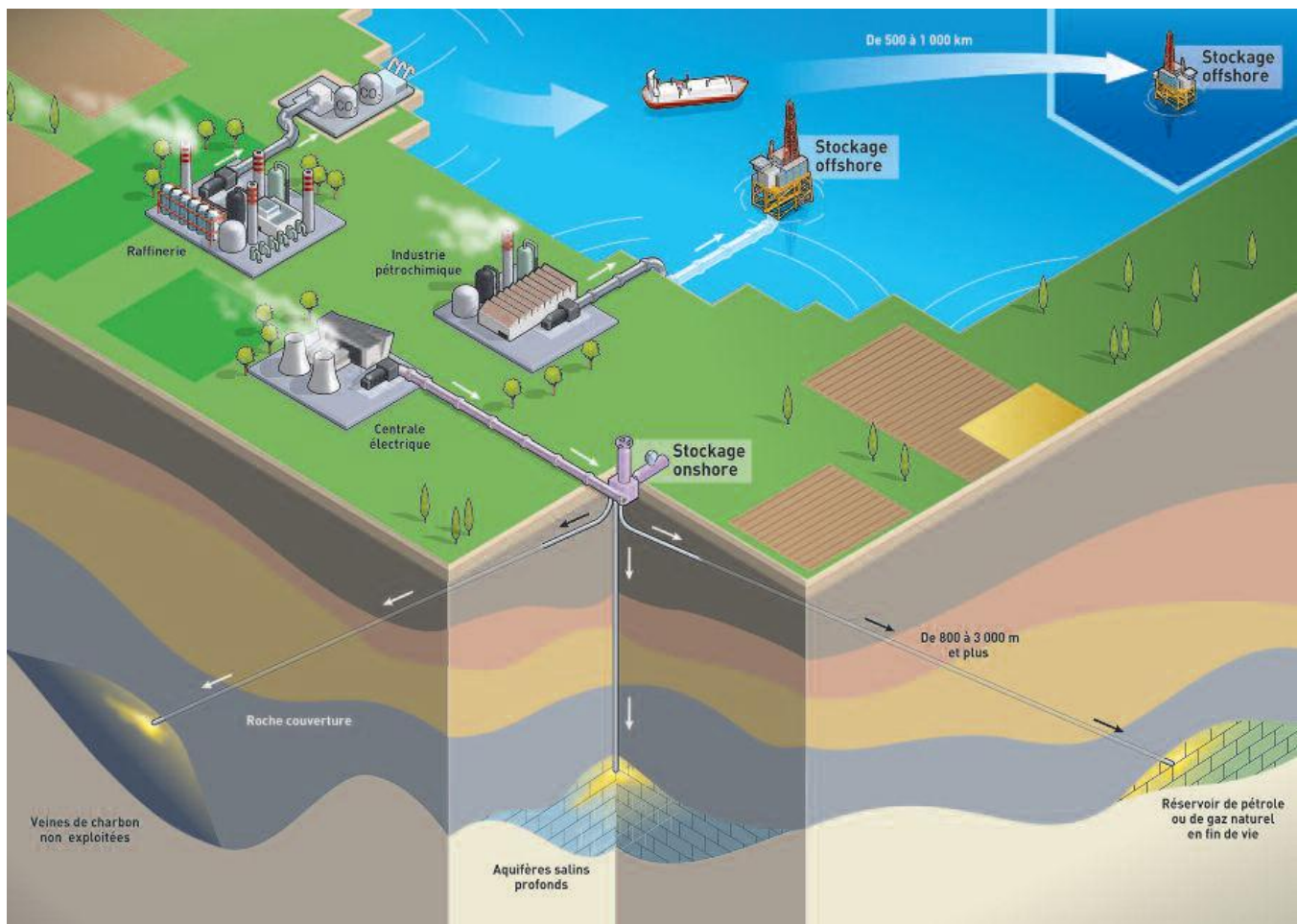
Résumé

Avantages

- réduction massive des émissions de CO₂
- opportunités industrielles en France
- possibilités de stockage variées
- existence d'un cadre réglementaire

Points de vigilance

- technologie coûteuse et énergivore
- incertitudes sur les capacités de stockage
- risques environnementaux et sanitaires à maîtriser
- concertation avec les populations nécessaire



© GDF SUEZ – Agence IDE

Points forts/Points faibles

Points forts

Une réduction massive et pérenne des émissions de CO₂

Jusqu'à 90% des émissions de CO₂ d'une installation pourraient être captées et stockées dans le sous-sol.

Une opportunité pour les industries françaises

Malgré une production d'électricité fortement décarbonée et un marché local restreint, la France est aujourd'hui bien positionnée dans le domaine du CSC, à travers son secteur industriel et ses établissements publics de recherche et de formation. Les acteurs français sont présents tout au long de la chaîne : des activités de captage au stockage géologique du CO₂. Pour nombre d'industriels français, maîtriser ces technologies constitue un enjeu stratégique, aussi bien pour le développement de parts de marchés à l'export que pour les applications industrielles en interne. De nouvelles réglementations en matière d'émissions de

gaz à effet de serre, ou un niveau beaucoup plus élevé de la valeur du carbone évité, contribueraient à accélérer le déploiement de cette filière. En France, le CSC devrait concerner en premier lieu les installations industrielles, en particulier les secteurs comme la sidérurgie, le raffinage ou encore la cimenterie, qui disposent de moins de solutions alternatives pour réduire leurs émissions de CO₂. La mise en œuvre de systèmes de captage pour des procédés industriels nécessite une adaptation des systèmes existants et même parfois des développements spécifiques pour répondre aux particularités de chaque procédé.

De nombreuses possibilités pour stocker le CO₂

Il existe à travers le monde de nombreuses formations géologiques dans lesquelles le CO₂ pourrait être stocké. Le stockage géologique du CO₂ peut se faire dans des aquifères salins profonds (au moins 1 000m) impropres à la consommation, des gisements de pétrole ou de gaz naturel épuisés, des veines de charbon inexploitable car trop profondes et d'autres types de formations géologiques, par exemple des basaltes.

Un encadrement réglementaire en place

Le stockage géologique du CO₂ est encadré depuis 2009 par une **directive européenne** qui exige un stockage permanent et sûr pour l'environnement, prévenant et maîtrisant les remontées de CO₂ vers la surface, tout en limitant les perturbations du milieu souterrain. Pour cela, avant l'injection du CO₂, le site de stockage envisagé doit être étudié afin de s'assurer des garanties de sécurité, notamment de la stabilité géologique (faible risque sismique) et de l'étanchéité (roche de couverture étanche). Durant l'exploitation, des mesures de prévention rigoureuses doivent être mises en place. Avant l'injection et pendant plusieurs dizaines d'années après sa fermeture, le site doit être surveillé grâce à un ensemble d'outils de contrôle afin de s'assurer de la pérennité du site de stockage.

La France a transposé la directive européenne en droit national en octobre 2011 avec l'entrée en vigueur d'un décret d'application.

Points faibles

Les principaux freins pouvant limiter le potentiel du CSC portent sur le coût économique et la consommation énergétique du procédé, les incertitudes quant aux capacités de stockage à terre et en mer, la connaissance et la maîtrise des risques environnementaux et sanitaires éventuels et la concertation autour des projets.

Des coûts élevés et des perspectives de baisse incertaines

Le captage du CO₂ est d'ores et déjà une technologie industrielle, utilisée notamment pour la purification du gaz naturel. Toutefois, elle doit encore être adaptée pour une mise en œuvre sur des procédés industriels ou de production d'électricité.

Un des principaux verrous au développement du CSC est le coût de la technologie. Actuellement, le coût de la filière CSC est évalué à 60 euros en moyenne par tonne de CO₂ évitée, dont les deux tiers pour le seul captage. Plus que les investissements, ce sont les coûts de fonctionnement qui pèsent aujourd'hui le plus lourd, le captage étant très énergivore. Les développements technologiques visent à réduire ces coûts afin qu'ils tendent vers la valeur des émissions évitées de CO₂. Celle-ci devrait croître sur le long terme.

Une technologie encore très énergivore

L'utilisation du CSC sur une installation peut générer une augmentation de la consommation énergétique d'environ 20 %. La mise au point de procédés plus économes en énergie devrait permettre d'améliorer, à terme, la compétitivité de la filière. Un autre levier

d'action pour améliorer la compétitivité repose sur la valorisation d'une partie du CO₂ capté.

Les capacités réelles de stockage géologique à déterminer

La quantification des capacités de stockage des formations géologiques repose à l'heure actuelle sur des estimations théoriques. Des projets de recherche contribuent à proposer des méthodologies pour estimer le potentiel des gisements en termes de validité et d'accessibilité. Seules des investigations approfondies des sites potentiels identifiés permettront de déterminer les capacités réelles de stockage.

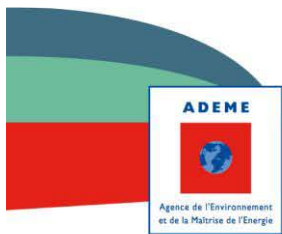
Des risques et impacts environnementaux et sanitaires à maîtriser

Des incertitudes demeurent sur les risques accidentels et les impacts environnementaux et sanitaires de long terme qui pourraient résulter du CSC. Notamment, même s'il n'est pas toxique, le CO₂ devient néanmoins dangereux lorsque sa proportion dans l'air atteint un certain seuil (au-delà de 5%), provoquant un manque d'oxygène. Les risques comprennent donc les fuites lors du transport ou du stockage, des risques industriels liés au captage, la possibilité d'une migration du CO₂ stocké sur le long terme, l'incertitude sur le rôle des composés minoritaires (oxydes d'azote, de soufre, ...) injectés avec le CO₂. Pour tout type de stockage, il est nécessaire de développer des méthodologies de gestion des risques, des techniques de fermeture des sites ainsi que des technologies permettant le suivi du comportement du CO₂.

Une concertation avec la population en amont des projets nécessaire

Plusieurs enquêtes¹ menées en France entre 2007 et 2010 montrent une notoriété croissante du sujet. Néanmoins, les retours d'expérience des premiers projets démonstrateurs de CSC à travers le monde placent la question de la faisabilité sociale comme une condition centrale du développement de la filière. En effet, face aux oppositions fortes, quelques pays sont allés jusqu'à interdire cette technique. La consultation et l'information des acteurs du territoire et des riverains bien en amont des projets sont primordiales.

¹ [Panorama de recherches : « 10 années de recherche sur la concertation à l'Ademe »](#)



Actions de l'ADEME

L'ADEME soutient la recherche sur le CSC depuis 2001. 30 projets de R&D ont été accompagnés entre 2002 et 2012, ainsi que 16 thèses co-financées entre 2003 et 2012 dont 2 sur le captage et 14 sur le stockage géologique de CO₂. Dans ces actions, l'ADEME attache une attention particulière à l'efficacité énergétique et à la maîtrise des risques et impacts environnementaux et sanitaires.

En 2008, l'Agence a lancé un appel à manifestations d'intérêt sur le captage et stockage géologique du CO₂ pour le soutien de démonstrateurs qui proposeraient une amélioration de l'efficacité énergétique des procédés de captage et démontreraient la faisabilité du stockage géologique de CO₂. Trois démonstrateurs ont été financés dans ce cadre ([projets C2A2](#), [France Nord](#) et [TGR-BF](#)).

Dans le cadre des Investissements d'Avenir, le captage, le stockage géologique et la valorisation du CO₂ font partie intégrante du programme sur les énergies renouvelables et décarbonées, dont la gestion a été confiée à l'ADEME. Cependant, la très faible valeur du CO₂ sur les marchés de quotas n'a pas conduit les industriels à proposer de nouvelles expérimentations de stockage.

En complément de sa participation aux efforts de recherche sur cette thématique, l'ADEME a créé et anime depuis 2002, avec l'appui de l'IFPEN et du BRGM, le [Club CO₂](#) qui regroupe la plupart des acteurs français (industriels, organismes de recherche, pôles de compétitivité, ...) du domaine. Cette structure, assez unique, a pour mission principale d'être un lieu d'échanges, d'informations et d'initiatives entre ses membres

Pour en savoir plus

Publications

- [Bilan des activités de l'ADEME](#) sur le CSC, octobre 2011
- [Sondage national sur la connaissance et les perceptions du stockage géologique du CO₂ par les Français en 2010](#)
- [Feuille de route ADEME sur le captage, transport, stockage géologique et la valorisation du CO₂](#) – 2010
- [Panorama des voies de valorisation – ADEME/MEEDDM](#) – 2010

Sites Internet

- [Site du Club CO₂](#)



Avis de l'ADEME

Pour l'ADEME, la réduction des émissions anthropiques de CO₂ est un enjeu majeur pour lequel il est nécessaire de mettre en place un panel de solutions. La première priorité doit être de réduire les émissions à la source par une amélioration de l'efficacité énergétique et le recours à des énergies renouvelables. Au-delà, le captage et le stockage géologique du CO₂ pourrait constituer une solution si elle était validée au plan technique, économique et sociétal. Au niveau mondial, selon l'Agence Internationale de l'Énergie, elle pourrait s'avérer nécessaire pour atteindre les objectifs de réduction des émissions de CO₂. Cette filière présente notamment un intérêt pour les secteurs industriels fortement émetteurs (sidérurgies, cimenteries, raffineries...) pour lesquels il existe aujourd'hui peu d'alternatives techniques pour réduire leurs émissions. Son déploiement pourrait, par ailleurs, contribuer à favoriser l'émergence d'une filière industrielle française compétitive sur le plan mondial.

Les travaux de recherche menés ces dernières années ont permis de lever certains verrous et de développer des outils et méthodologies spécifiques à cette filière qu'il est indispensable de tester en conditions réelles d'usages. L'ADEME recommande donc de mener des expérimentations de terrain, avec une attention particulière à la consultation des acteurs du territoire et des riverains concernés, afin d'accompagner le développement de la filière et de confirmer la faisabilité technique et sociétale du CSC.

Sur la valorisation du CO₂, l'ADEME attache une attention particulière aux travaux sur des technologies de rupture permettant d'augmenter les volumes de CO₂ valorisés et démontrant l'efficacité énergétique ainsi que les bénéfices environnementaux des voies considérées.