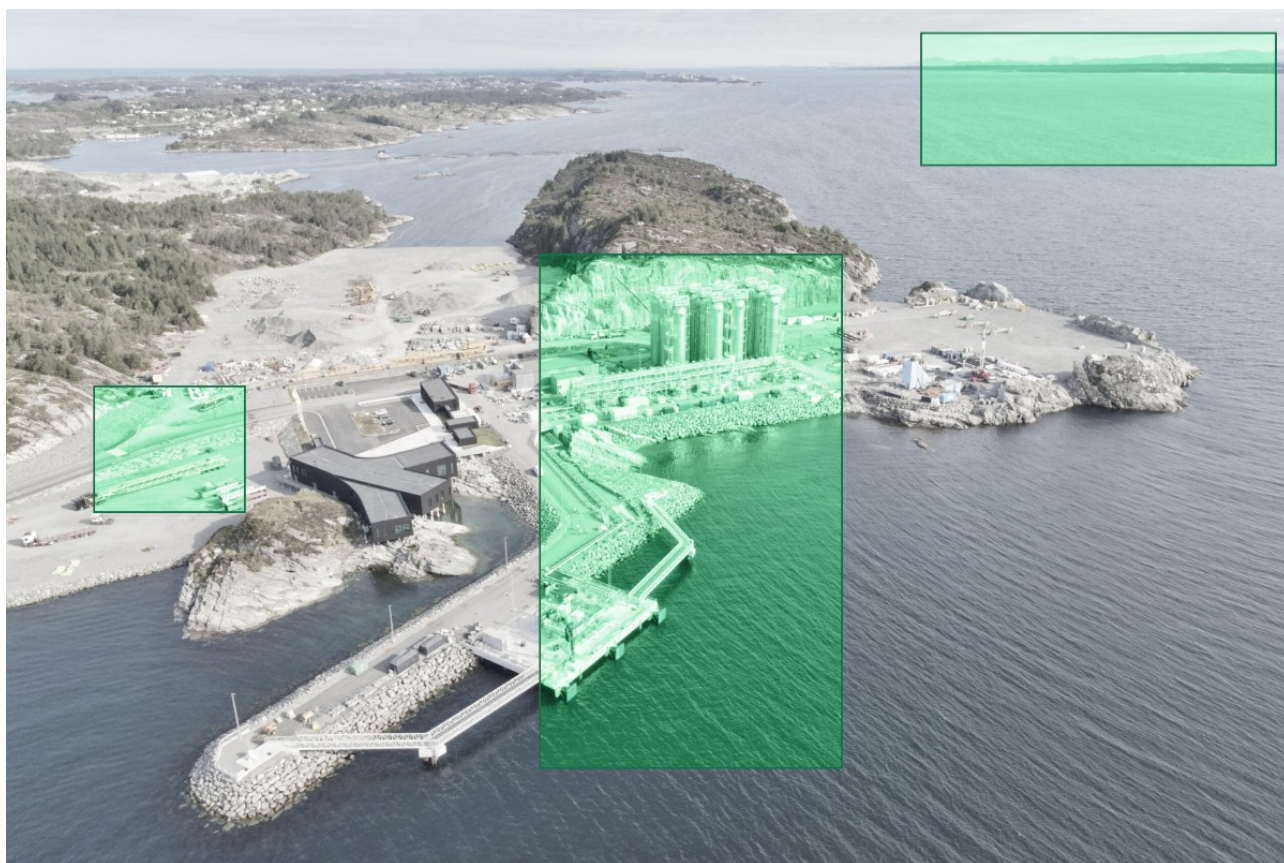


Coûts, sites d'enfouissement et incertitudes : ce qu'il faut savoir sur le stockage géologique du CO₂

MediaCités, 17 février 2025

Matthieu Slisse

Pour supprimer, d'ici à 2050, l'intégralité des pollutions industrielles françaises, l'Etat et les plus gros émetteurs veulent emprisonner plusieurs dizaines de millions de tonnes de CO₂ dans des failles sous-marines et d'anciens gisements d'hydrocarbures. Solution ou hérésie ? Mediacités vous dit tout de ce procédé que le Giec présente comme un « levier nécessaire » dans la lutte contre le changement climatique.



Cofinancé par Total, Northern Lights est un projet pilote de stockage géologique du dioxyde de carbone qui a ouvert en 2024 en Norvège

Capturer la pollution à la sortie des usines, la faire voyager plusieurs milliers de kilomètres dans des tuyaux ou par bateau puis l'enfermer pour toujours bien profondément sous la mer du Nord ou en Méditerranée. Tout ahurissant qu'il soit, ce projet n'est pas celui d'un savant fou.

C'est en effet l'avenir – très sérieux – que d'éminents ingénieurs, administrateurs d'Etat et scientifiques projettent pour l'industrie européenne. Déterminé à voir cette technologie se déployer dès 2030, le gouvernement français a déjà annoncé qu'il y investira massivement. Et pour cause, le CCS – pour « *carbone capture and storage* » – est considéré par le Giec [*groupe international d'experts sur le climat*] comme un « levier nécessaire » afin d'atteindre la neutralité carbone d'ici à 2050.

Coût des infrastructures, fonctionnement concret, incertitudes à lever et premières controverses, Médiacités, consacre une série d'enquêtes à cette solution miracle pour « verdir » l'industrie française. Et vous invite à faire un bond dans le futur.

1. Capter le CO₂ puis le stocker dans le sous-sol : concrètement, comment ça marche ?

Ce qu'il faut dire d'emblée, c'est que, malgré plusieurs décennies de recherches – et plusieurs centaines de millions d'euros d'investissements – le procédé de capture et de stockage du CO₂ est encore loin d'être mature. Toujours à l'état expérimental, notamment à Dunkerque qui se rêve en vitrine de cette industrie « verte », le CCS doit encore faire les preuves de son efficacité à l'échelle industrielle. Cette précision faite, voici comment les concepteurs de ce procédé novateur prévoient que la « chaîne CCS » fonctionne.

Étape 1 : Le captage

Au lieu d'être rejetés dans l'atmosphère, les gaz à effet de serre émis par une usine sont « capturés ». Plusieurs techniques, toutes très gourmandes en énergie, sont à l'étude afin d'y parvenir. Le géant de l'acier ArcelorMittal compte utiliser un solvant, c'est-à-dire une substance capable, dans certaines conditions de pression et de température, de se lier avec les molécules de CO₂. Le fabricant de chaux Lhoist, prévoit lui, sur son site de Rety, près de Boulogne-sur-Mer, de « cryogéniser » le CO₂. Quelle que soit la technique employée, seul le CO₂ serait conservé quand les autres gaz – azote, protoxyde d'azote, etc. – seraient rejetés dans l'atmosphère. Pourquoi ne pas en profiter pour les capturer eux aussi ? « Ils risqueraient de corroder les canalisations. Le CO₂ est le principal gaz à effet de serre alors on se focalise dessus », élude Jean-Claude Hild, ingénieur d'État chargé du projet CCS du port de Rotterdam.

Étape 2 : Le transport et conditionnement

Une fois le captage réalisé – pas une mince affaire comme on l'a vu – le CO₂, comprimé et à l'état quasi liquide (supercritique, en jargon scientifique) transitera ensuite par des canalisations souterraines. Vous connaissez les gazoducs et les oléoducs, découvrez les carboducs ! Plusieurs sont en projet en France, dans le bocage nantais ou encore le long du Rhône entre Lyon et Fos-sur-mer [*lire nos enquêtes des 18 et 19 février*].

Premier arrêt obligé pour ces pipelines : le terminal de conditionnement où le CO₂ devra achever d'être liquéfié. Des terminaux de ce type sont prévus à Dunkerque, Saint-Nazaire, Le Havre ou encore Fos-sur-mer, soit à chaque fois, sur des ports... puisque c'est en mer que le périple du CO₂ industriel doit se poursuivre. Il est en effet prévu que la polluante cargaison embarque à bord de navires « carboniers » en direction d'un site d'enfouissement. Précision d'importance : il n'existe, à l'heure actuelle, aucun bateau capable de transporter du CO₂. Extrêmement polluant – ce qui est un comble pour un projet qui vise justement à dépolluer... – ce mode de transport n'est néanmoins vu que comme transitoire. Un projet soutenu par la Commission européenne, envisage déjà la construction d'une « [autoroute sous-marine du CO₂](#) » reliant le port de Dunkerque à plusieurs sites en mer du Nord norvégienne.

Étape 3 : Le stockage dans un site géologique situé en mer

Par bateau ou par carboduc, le CO₂ doit finalement arriver sur une plateforme installée en mer. Actuellement, seulement trois sites, [situés en Norvège](#), sont opérationnels. Une dizaine d'autres sont en projet, majoritairement en mer du Nord, mais aussi en Méditerranée [*lire le point 4*]. La cargaison sera ensuite injectée dans le sous-sol marin, à plusieurs kilomètres de profondeur. Deux

options sont privilégiées : le stockage dans des aquifères salins profonds – autrement dit des nappes phréatiques sous-marines ; le stockage dans d'anciens gisements gaziers aujourd'hui épuisés.

2. Elle sort d'où cette idée ? N'y a-t-il vraiment aucune autre solution plus aisée ?

Sites de captage, kilomètres de canalisations – aussi bien sous terre que sous mer -, terminaux de conditionnement, navires spéciaux, plateformes de stockage... En plus de représenter un ensemble pharaonique, les infrastructures nécessaires au fonctionnement de la « chaîne CCS » sont toutes interdépendantes. Un accroc à une étape, et c'est l'intégralité de cette solution pour « verdir » l'industrie qui devient inopérante. D'où cette question : ne pourrait-on pas faire plus simple ? « Hé bien non... et croyez-nous sur parole, si on avait d'autres solutions, on ne manquerait pas de les utiliser », répondent en substance les industriels les plus polluants de France. Pour comprendre cette apparente impossibilité, il faut prendre en compte les contraintes de production. Certaines industries, comme la sidérurgie, la fabrication d'aluminium ou de ciment, ne peuvent fonctionner qu'en générant du CO₂. Une pollution incompressible que les industriels appellent les émissions « fatales ».

C'est dans ce contexte qu'a émergé l'idée de capturer puis d'enfouir ce CO₂ dit « résiduel » : celui que ces sites industriels ne cesseront d'émettre tant qu'ils fonctionneront. Si le Giec qualifie le CCS de « levier nécessaire à l'atteinte de la neutralité carbone », c'est uniquement pour ces activités pour lesquelles il n'existe pas de technologie « bas carbone » accessible techniquement ou économiquement. Une réalité [que met en doute Yamina Saheb](#), experte des politiques d'atténuation du changement climatique.

Qu'à cela ne tienne, d'ici à 2050, [l'Etat français prévoit que 30 à 50 millions de tonnes de CO₂ soient stockées géologiquement chaque année](#) : c'est la moitié des émissions industrielles du pays.

3. Combien ça va coûter et qui va payer ?

Selon nos informations, il n'existe aucune estimation du coût de la mise en place d'une « chaîne CCS » en France. Dans [son rapport le plus récent sur le sujet](#) (juillet 2024), même le gouvernement ne s'y est pas risqué. Une chose est néanmoins certaine : la facture se comptera en dizaines de milliards d'euros.

Quelques exemples permettent de s'en assurer. Pour les prémices du *hub* CO₂ de Dunkerque, soit la décarbonation d'une cimenterie et d'une fabrique de chaux : il en coûtera au bas mot 800 millions d'euros. Le coût du projet de décarbonation de la plus grande cimenterie de France située près de Lyon est lui estimé entre 1 et 1,5 milliards d'euros. Et ainsi de suite pour l'ensemble des sites industriels les plus polluants de France. Plus ces derniers seront éloignés d'un port (vallée du Rhône, industrie alsacienne et mosellane), plus la facture sera élevée.

Au vu des sommes à engager, les financements publics seront incontournables. Ce d'autant plus que ces technologies sont peu matures et donc susceptibles d'échouer. L'Union européenne a déjà lancé le mouvement avec 3,3 milliards d'euros attribués à des projets CCS en 2023. [L'État prévoit lui aussi plusieurs centaines de millions d'euros d'aides](#) : le montant des subventions sera connu au printemps. Au total, les subsides publics pourraient représenter jusqu'à la moitié des coûts d'investissement.

4. Après la Norvège, le Danemark, les Pays-Bas et l'Angleterre, bientôt des sites d'enfouissement en France ?

Si, « à court terme, les industries françaises auront besoin d'accéder à des stockages à l'étranger, plus matures », le ministère de l'Economie indique à Mediacité que l'objectif est de « développer des sites de stockage de carbone souverains en France ».

Parmi ces sites « plus matures », on peut citer Sleipner, Snøhvit et Northern Lights, tout trois en Norvège, la nation phare du stockage du CO₂ en Europe. Dans le monde, [l'agence internationale de l'énergie](#) dénombre un total de 45 sites opérationnels, principalement aux Etats-Unis.

Opérés par des géants des hydrocarbures, ces plateformes ont avant tout pour objectif de... maximiser la production de pétrole. Un comble ! Quand il est injecté à haute pression, le CO₂ permet en effet de déloger les huiles et le gaz naturel le plus difficilement accessible, coincé dans les recoins des puits, comme l'a déjà raconté [Reporterre](#) dans une série d'enquête consacrée à Total. Ou comment continuer à exploiter des énergies fossiles sous couvert de lutte contre le changement climatique.

C'est ainsi tout sauf un hasard si, en Europe, les majors de l'industrie pétrolières (Total, Shell, Eni...) figurent parmi les principaux financeurs des projets de stockage les plus avancés, au Danemark, aux Pays-Bas, au Royaume-Uni, ou encore en Italie.

En France, le bassin parisien ainsi que le bassin aquitain sont évoqués pour accueillir des sites de stockage, de même que la Méditerranée et l'océan Atlantique. [Un appel à projets](#) a été lancé l'an passé afin de préciser le potentiel hexagonal en la matière. Les premiers sites pourraient voir le jour d'ici quinze ans.

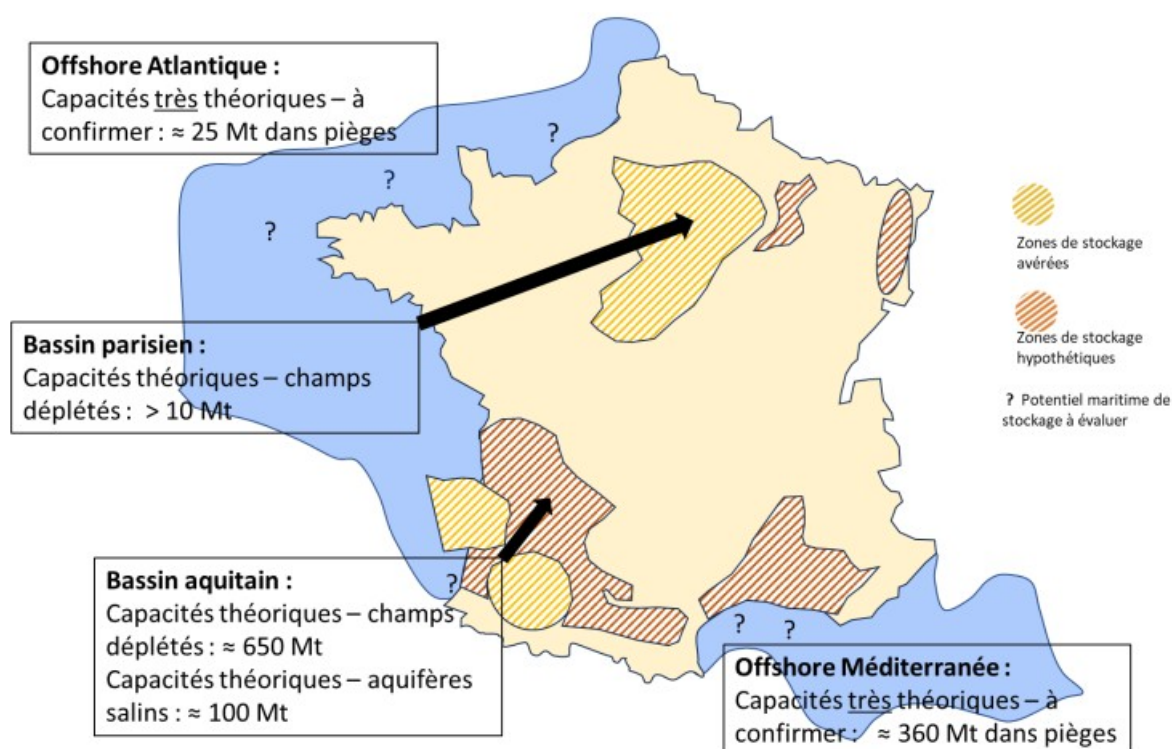


Figure 4 : Carte du potentiel de stockage géologique de CO₂ en France selon des études théoriques et les données issues de la production pétrolière et gazière

Source : Rapport gouvernemental sur le déploiement du CCS en France (juillet 2024)

5. Le stockage sera-il vraiment « définitif » ? N’y a-t-il pas de risques de fuite ?

Tout comme pour les procédés de captage, les sites d’enfouissement doivent faire la preuve de leur efficacité sur le long terme. Le principal enjeu est l’étanchéité du site de stockage. Deux premières alertes méritent à ce titre d’être signalées.

- Aux Etats-Unis, le premier site de stockage du CO₂ installé non loin d’une usine agroalimentaire a annoncé devoir interrompre ses activités puisqu’[une fuite de CO₂ a été enregistrée dans l’un des puits souterrains](#). C’est un lourd revers pour le secteur puisque ce projet était l’une des vitrines du CCS.
- En Norvège, les sites d’enfouissements Sleipner et Snøhvit ouverts dans les années 1980 ont fait l’objet de nombreuses analyses scientifiques. [Une revue de littérature menée par une ONG américaine](#) – et repérée par [Reporterre](#) – met en doute le caractère « définitif du stockage ». Les deux sites « démontrent que le piégeage et le stockage du carbone ne sont pas exempts de risques matériels permanents qui pourraient en fin de compte annuler une partie ou la totalité des avantages qu’ils cherchent à créer », conclut l’étude.

6. Pourquoi uniquement des sites de stockage en mer et pas plutôt sur terre ?

En Europe, l’intégralité des projets CCS aboutissent à un site de stockage situé en mer. « Les risques sanitaires et environnementaux en cas de fuite font partie des principales raisons de l’opposition rencontrée au niveau local pour la mise en place d’un site de stockage géologique de CO₂ », indique l’Ademe, dans [un rapport de 2020](#).

Elle cite, pour appuyer sa démonstration, [un projet avorté dans la commune de Barendrecht aux Pays-Bas](#). L’idée de remplir de CO₂ un ancien réservoir de gaz situé sous la ville s’est heurté à une vive opposition. Si vive, que le gouvernement a reculé. Pour résumer cette tendance, déjà observée par exemple dans les projets éoliens – désormais majoritairement *offshore* – les Britanniques ont un acronyme : NIMBY pour « *not in my backyard* » (« pas dans mon jardin »).