

Contrainte climatique et captage, stockage et valorisation du CO₂



Gilles MUNIER (P78)
Directeur général de Geogreen

Dérèglement climatique et CO₂

En un peu plus d'un siècle, l'homme a provoqué un accroissement des émissions de gaz à effet de serre (GES), augmentant ainsi la part de rayonnement solaire retenue dans l'atmosphère, elle-même cause d'un réchauffement. Depuis le début de l'ère industrielle, la température globale moyenne s'est accrue de 0,75°C, dont 90% durant les 50 dernières années. Conséquence de ce réchauffement, le niveau des mers s'est élevé de 10 à 20 centimètres selon les endroits, la répartition des précipitations s'est modifiée, la surface des glaces marines a baissé de 35% entre 1975 et 2010, l'épaisseur des calottes polaires a diminué et les phénomènes climatiques extrêmes ont vu leur fréquence augmenter. Le CO₂ à lui seul est responsable de 55% de l'effet de serre anthropique, devant le méthane (15%), les gaz fluorés (10%) et le protoxyde d'azote (5%). Les émissions mondiales de CO₂ liées aux activités humaines atteignent plus de 30 milliards de tonnes par an, 80 % provenant de la combustion d'énergies fossiles et 20 % de la déforestation et des pratiques agricoles. Ces émissions anthropiques ne sont qu'à moitié compensées par les absorptions naturelles (océans, végétation, sols). Limiter l'augmentation de la température globale moyenne à 2°C tel que défini par les décideurs mondiaux en 2009, permettrait de contenir les impacts climatiques négatifs. Une telle limitation nécessiterait une division par deux des émissions de CO₂ au niveau mondial à l'horizon 2050 et

Gilles MUNIER (P78)

Gilles Munier (P78) est directeur général de Geogreen depuis la création de la société en 2007, et administrateur des sociétés Sandia Technologies et Geostock US depuis janvier 2013. Il a passé plus de quinze ans dans l'exploration - production pétrolière, entamant sa carrière internationale chez Total en 1981 comme géophysicien. Il rejoint l'industrie du stockage souterrain d'hydrocarbures en 2000, et le groupe Geostock en 2006. Il est depuis six ans fréquemment invité en tant qu'orateur ou président de séance lors de conférences internationales sur le CSCV.

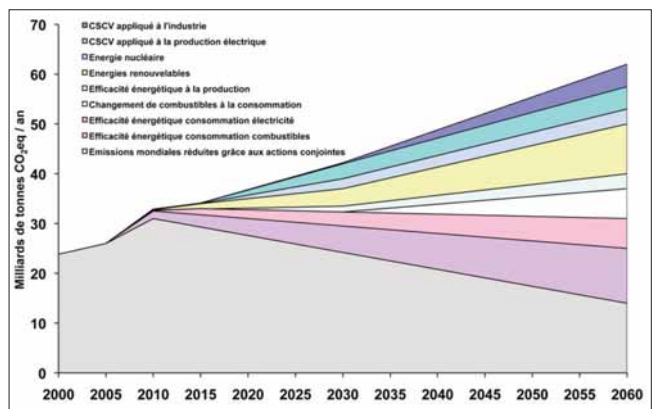
pour certains pays industrialisés, une division plus importante encore (facteur 4 pour la France).

Contexte international et engagements

Entré en vigueur le 16 février 2005, le Protocole de Kyoto prévoyait pour les pays industrialisés une réduction de 5,2% des émissions de gaz à effet de serre en 2012 par rapport à 1990. Cet objectif n'a pas été atteint pour les raisons que l'on connaît : liberté de croissance et de consommation énergétique revendiquée par les pays émergents, non signature du Protocole notamment par les États-Unis, primauté donnée à l'économie sur l'environnement, crise économique rendant difficiles les investissements et le surcoût que représentent les actions de réduction des GES. Cependant, l'Europe s'est engagée à réduire d'ici 2020 ses émissions de GES de 20% et les États-Unis et la Chine ont récemment accepté d'entamer une réduction volontaire de leurs émissions de GES, jusqu'à la ratification d'un nouveau protocole prévue en 2020. L'objectif d'une réduction drastique des émissions de CO₂ implique la mise en place d'un ensemble de mesures cohérentes dans tous les secteurs concernés : production d'énergie, industrie lourde, agriculture, bâtiment, transports et utilisation des terres.

Une mesure capitale de réduction des émissions de GES

Les solutions possibles doivent être mises en place simultanément. Selon les scénarios de l'Agence Internationale de l'Énergie (AIE), le captage, stockage et valorisation du CO₂ (CSCV : Captage, Stockage géologique du CO₂ et Valorisation) est ainsi la seconde mesure la plus efficace en termes de réduction des GES : il peut contribuer à 20% de la réduction totale nécessaire. Son rôle pourrait même devenir



prépondérant s'il était mis en œuvre sur l'intégralité des sites industriels le nécessitant : il pourrait ainsi représenter jusqu'à 50% des réductions de CO₂ en Europe à l'horizon 2050, puisqu'il permet de capter 90% des émissions industrielles fixes.

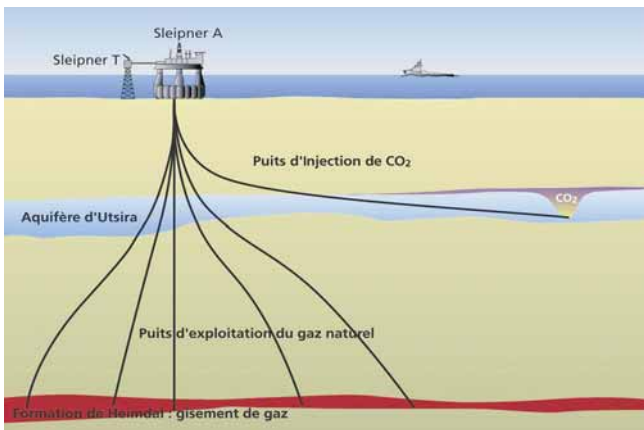
Le CSCV : plusieurs étapes d'une chaîne industrielle nouvelle

Le CSCV consiste à récupérer le CO₂ émis en grande quantité lors de processus industriels tels que la production d'électricité, d'acier, de ciment, le raffinage, pour (1) le stocker dans le sous-sol afin de l'isoler de l'atmosphère, ou (2) l'utiliser comme matière première.

Captage : seul le CO₂ des fumées industrielles peut être capté. Il est séparé des autres gaz produits lors du procédé de fabrication (postcombustion ou oxycombustion) ou avant ce dernier (précombustion).

Transport : une fois capté, le CO₂ est comprimé et déshydraté pour être transporté par pipeline (ou réfrigéré pour le transport par bateau) jusqu'au site de stockage géologique ou de «recyclage» dans le cas d'une valorisation. L'intégration de l'étape de compression dans l'unité de captage favorise une optimisation technico-économique du système global, et réduit les consommations énergétiques.

Stockage géologique : une fois arrivé au site de stockage, le CO₂ est le plus souvent injecté sous forme super-dense dans des formations poreuses profondes, à plus de 800 m sous la surface du sol.



<http://www.metstor.fr/Les-actions-mondiales-et.html>

Premier site mondial de stockage de CO₂ en aquifère salin profond à Sleipner en mer du Nord (Norvège)

Le gaz naturel est extrait à 2 500 m de profondeur depuis la plate-forme de forage et fait l'objet d'une séparation du CO₂ qu'il contient sur la plate-forme de traitement du gaz. Le CO₂ est alors injecté dans l'aquifère sableux d'Utsira situé à 1 000 m de profondeur.

Valorisation : en complément du stockage géologique mais pour des quantités bien plus faibles, le CO₂ peut être valorisé comme matière première. Il est déjà utilisé dans la chaîne agroalimentaire pour la conservation des aliments ou les boissons gazeuses, industriellement comme réactif dans la pétrochimie ou pour la récupération assistée d'hydrocar-

bures (EOR/EGR en anglais pour Enhanced Oil/Gas Recovery). Aujourd'hui, environ 150 millions de tonnes de CO₂ sont valorisées dans le monde, dont 30% pour l'EOR, soit seulement 0,5% des émissions de CO₂ anthropiques annuelles. De nouveaux axes de valorisation commencent à être testés : consommé par des organismes vivants comme les algues, le CO₂ peut être utilisé pour produire de la biomasse et conduire ainsi à la synthèse de produits d'intérêt (glucides, huiles, farines). Associé à des enzymes naturels ou synthétiques (biocatalyse), il pourrait générer des molécules pour l'industrie pharmaceutique.

Les défis : sécurité, réglementation et coûts, durabilité

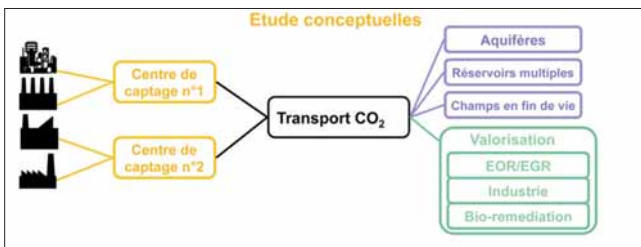
De nombreux verrous demeurent sur le déploiement du CSCV : la maîtrise des risques environnementaux et sanitaires, la faisabilité économique et sociale, l'accroissement de la consommation en énergie (et en eau pour certaines technologies) que suppose la mise en place d'unités de captage.

Sécurité : les risques liés au captage sont les risques industriels d'installations classées de type SEVESO. Ceux liés au transport de CO₂ sont les mieux connus à ce jour, puisque des canalisations sont exploitées aux États-Unis depuis plusieurs décennies. Le stockage géologique doit éviter tout impact sur la santé et l'environnement et donc inclure des mesures de prévention et de maîtrise des risques liés aux éventuelles remontées de CO₂ vers la surface. Le CO₂ devant être stocké durant plusieurs siècles, cela impose des contraintes spécifiques en termes de durée et d'étendue de la surveillance. La prévention débute lors de la sélection du site de stockage, choisi pour les garanties de sécurité qu'il présente a priori, notamment une stabilité géologique (faible risque sismique) et une roche couverture étanche surplombant la formation poreuse destinée à recevoir le CO₂ injecté. Chaque site doit être surveillé (mesures permanentes ou récurrentes) de la phase d'injection (plusieurs dizaines d'années) jusqu'à sa fermeture et la période post-exploitation, afin de suivre la migration potentielle du CO₂ dans les couches profondes. Cette surveillance doit associer mesures et simulations numériques prédictives du comportement du gaz, identifier les chemins potentiels de migration, et ainsi anticiper les éventuels impacts. Elle permet aussi de contrôler la modification éventuelle des propriétés de la roche réservoir et de la couverture, l'absence de CO₂ en surface et dans les eaux des aquifères situés entre le stockage et la surface. Enfin, elle permet d'étudier le rôle des substances annexes injectées avec le CO₂, les éléments traces potentiellement remobilisés dans le réservoir ou les couvertures à la suite des perturbations chimiques et le cas échéant, les gaz natifs chassés par le CO₂ injecté (méthane ou hydrogène sulfuré).

Réglementation et coûts : la consommation d'énergie lors du captage est le poste de coût opératoire le plus important de la chaîne. La mise au point de techniques plus efficaces est en cours. Concernant la réglementation, des mécanismes incitatifs fiscaux ou tarifaires ou des contraintes telles qu'un

droit d'émission significatif ou des quotas d'émissions de CO₂ (globaux par filière ou par site industriel) devraient permettre d'accroître l'attractivité du CSCV. Le coût actuel de mise en place d'un projet CSC (sans valorisation) peut être estimé entre 40 et 80\$/tonne de CO₂ capté, ce qui est très largement supérieur en Europe au prix du carbone (inférieur à 5 €/tCO₂ en janvier 2013).

Durabilité : la mise en place du CSCV, si elle permet de réduire l'empreinte carbone des combustibles utilisés, s'accompagne néanmoins d'une augmentation de l'énergie consommée (diminution du rendement énergétique de l'ordre de 30% sur une centrale électrique au charbon résultant du captage), et pour certaines technologies de captage (séparation du CO₂ par solvant nécessitant de la vapeur) d'une consommation d'eau importante. Ainsi, tout projet de captage doit s'accompagner d'un calcul de bilan en énergie et en eau, voire d'une Analyse de Cycle de Vie complète (ACV) et doit être conçu dans un souci d'écologie industrielle : dans un bassin industriel, la mutualisation de la gestion des émissions est un facteur d'efficacité économique et énergétique. À l'autre bout de la chaîne, disposer de plusieurs solutions de stockage et valorisation augmente la flexibilité opérationnelle, et diminue ainsi le risque associé à l'une ou l'autre des composantes (stratégie d'injection, management de la sécurité). Il faut veiller à maîtriser les effets de distorsion de compétitivité pervers au niveau régional et contre-productifs au niveau mondial.



CSCV à l'échelle d'un bassin

Paradigme énergétique et débats passionnels

Il est souvent rapporté que toute subvention allant au CSCV permettrait, ainsi, d'en déclencher le déploiement et se ferait au détriment du déploiement d'autres formes de réduction des GES, notamment les énergies renouvelables. Cette crainte subjective reçoit un démenti cinglant au niveau européen. Le dernier appel à projets, dit NER300, n'a vu aucun projet CSCV dans la liste des 23 projets recevant à eux tous 1,2 milliard d'euros. De plus, l'intégralité des solutions de réduction doit être mise en œuvre si l'on veut parvenir à l'objectif facteur 4 de réduction des émissions de GES : à elles seules, les énergies renouvelables ne peuvent y parvenir, sauf à considérer que leur intermittence de production doit être acceptée par tous les utilisateurs et que leur tarif doit être largement subventionné. L'approche manichéenne opposant les renouvelables à toutes les autres formes d'énergie se fonde sur une vision irréaliste, le devenir énergétique devant être pluriel (fossile, renouvelables, nucléaire) dans un contexte de croissance économique.

Un autre argument d'opposition au CSCV consiste à dire que s'il a pour but d'être appliqué dans les 50 prochaines années, alors il n'est qu'une solution transitoire qui accélèrera le recours aux énergies fossiles et précipitera ainsi leur raréfaction et la chute de la civilisation de l'énergie. Le constat qui peut être fait aujourd'hui est accablant : sans le CSCV, les combustibles fossiles voient de toute façon leur utilisation s'accroître, augmentant d'autant l'effet de serre et le danger climatique. Ne rien faire pour diminuer l'empreinte carbone des énergies fossiles précipitera la civilisation vers une gestion de crise planétaire et multiforme léguée aux générations futures.

CSCV et transition énergétique : une approche concertée

Le Débat National sur la Transition Énergétique a pour but de définir un mix énergétique réduisant la part du nucléaire de 75% à 50% d'ici à quinze ans. Tout scénario donnant une place à l'électricité produite à partir de ressources fossiles doit associer à cette dernière le CSCV, afin que le CO₂ produit ne soit pas émis à l'atmosphère. La première étape doit être le lancement en France d'un pilote scientifique d'injection de CO₂ ayant valeur de plateforme européenne. Un tel pilote permettra d'acquérir et partager les connaissances relatives à la gestion de la sécurité, à l'efficacité des systèmes et devra impliquer le public dès le stade de la conception. Une telle concertation peut nécessiter beaucoup de temps, mais elle est indispensable à toute filière nouvelle. Des projets de taille industrielle pourront ensuite être développés en toute transparence. ■

Sources :

<http://www.captage-stockage-valorisation-co2.fr/>
http://www.captage-stockage-valorisation-co2.fr/sites/default/files/ADEME_feuille%20de%20route_CSCV_FR_web.pdf
<http://www.geogreen.eu/>