



ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Énergie



La capture et le stockage du CO₂ en questions

Conférence de presse
Vendredi 9 septembre 2005

Contacts Presse

IFP	Anne-Laure de Marignan	a-laure.de-marignan@ifp.fr - 01 47 52 62 07
ADEME	Nadège Chapelin (H&B communication)	n.chapelin@hbcommunication.fr - 01 58 18 32 30
BRGM	Danièle Roblin	d.roblin@brgm.fr - 02 38 64 39 76

Sommaire

1. Quelles sont les principales sources d'émissions de CO₂ ?
2. La filière capture/stockage géologique du CO₂ peut-elle répondre de façon globale au problème des émissions de CO₂ ?
3. Quels sont les moyens envisagés pour piéger le CO₂ ?
4. A quelles sources d'émissions s'appliquent la capture et le stockage géologique ?
5. Que représente le volume de CO₂ que l'on pourrait capturer par rapport au volume émis ?
6. Quel est le volume de CO₂ qui pourrait être stocké ?
7. Sous quelle forme va-t-on pouvoir transporter, injecter et stocker le CO₂ ?
8. Comment envisage-t-on de capturer le CO₂ ?
9. Comment envisage-t-on de réduire les coûts de la capture ?
10. Y a-t-il des verrous technologiques? Quels sont les pays et les organismes en pointe dans le domaine de la capture ?
11. Où envisage-t-on de stocker du CO₂ et à quelle profondeur ?
12. Quelle durée de stockage envisage-t-on pour réduire les émissions de CO₂ ? 100, 200, 500, 1000 ans ? Et pourquoi ?
13. A quelle échéance pourrait-on envisager une mise en œuvre industrielle de la capture et du stockage du CO₂ ?
14. Quels sont les pays en pointe dans le domaine du stockage? Y a-t-il des verrous technologiques ?
15. Va-t-on pouvoir injecter le gaz là où il est produit en grande quantité ?
16. Comment va-t-on transporter le CO₂ sur de longues distances ?
17. Envisage-t-on de faire un site pilote de capture en France ou en Europe ?
18. Envisage-t-on de faire un site pilote de stockage en France ? Où et à quelle échéance ?
19. La convention de Londres sur l'interdiction de mettre des déchets en mer est-elle un frein au stockage géologique dans les nappes phréatiques appartenant au domaine maritime ?
20. Quel est le coût de la filière ? Cette filière peut-elle être économiquement rentable ?
21. Où en est-on de l'entrée en vigueur des quotas d'émissions et des bourses de CO₂ ? Quel est le prix de la tonne de CO₂ ?
22. Quelle pourrait être la portée de la filière capture/stockage dans le cadre du mécanisme de développement propre du Protocole de Kyoto ?
23. Quel pourrait être l'apport de la capture et du stockage à la filière hydrogène?
24. Quelle est la réglementation pour le stockage géologique à terre ?
25. Y a-t-il des risques de fuites ? Quelles seraient les conséquences pour les populations locales?
26. Comment garantir la sécurité de la filière ?
27. Les budgets de R&D affectés à la capture et au stockage de CO₂ ne pénalisent-ils pas les efforts à porter sur les autres moyens de réduction des gaz à effet de serre ?

1. Quelles sont les principales sources d'émissions de CO₂ ?

La très grande majorité des émissions de CO₂ vient de l'utilisation des combustibles fossiles : pétrole, charbon et gaz. Leur combustion, dans les installations industrielles et dans les véhicules notamment, dégage du CO₂.

Dans le monde, les émissions de gaz à effet de serre sont de l'ordre de 30 milliards de tonnes équivalent CO₂. Environ 80 % de ces émissions proviennent de l'utilisation de combustibles fossiles.

En France, nous émettons environ 560 millions de tonnes équivalent CO₂ dont 408 millions de tonnes de CO₂. En 2003, la répartition des émissions de CO₂ est la suivante : les transports, 34,6 %, l'industrie, 23,7 %, le résidentiel tertiaire 22,3 %, la production d'énergie 16,6 %, l'agriculture 2,4 % et les déchets (0,4 %) (sources CITEPA format UFCCC).

2. La filière capture/stockage géologique du CO₂ peut-elle répondre de façon globale au problème des émissions de CO₂ ?

Non, plusieurs solutions complémentaires devraient être mises en oeuvre pour parvenir à une réduction sensible des émissions de CO₂ : la maîtrise de l'énergie notamment dans les transports et le bâtiment, l'essor d'énergies plus pauvres en carbone, en particulier les énergies renouvelables, et le développement de la filière capture/stockage du CO₂.

Les espoirs se tournent aujourd'hui vers la filière capture/stockage géologique du CO₂ en raison des possibilités de stockage dans le sous-sol, notamment dans les bassins sédimentaires. Cependant cette filière ne concerne que les émissions industrielles concentrées. Elle peut s'avérer profitable aux secteurs industriels qui peinent à réduire leurs émissions de CO₂ à l'image des cimenteries, des aciéries, des raffineries et des usines pétrochimiques.

3. Quels sont les moyens envisagés pour piéger le CO₂ ?

Le stockage géologique, essentiellement, avec trois options principales :

1. le stockage dans des gisements de pétrole et de gaz naturel épuisés ou en voie d'épuisement combiné à la récupération assistée de pétrole ou de gaz,
2. le stockage dans des gisements de charbons inexploités combiné à la production de méthane,
3. le stockage en aquifères profonds¹ qui offrent un potentiel immense puisque ces aquifères se trouvent dans les bassins sédimentaires présents un peu partout dans le monde. Rappelons que les dimensions de ces aquifères peuvent excéder quelques kilomètres d'épaisseur et s'étendre sur des centaines, voire des milliers de km².

D'autres pistes ont fait l'objet de recherches :

La voie chimique : fixation en un produit stable pour former des roches carbonatées par un procédé naturel de minéralisation,

La voie biologique : biofixation du CO₂ par la photosynthèse de microalgues en incorporant dans un bioréacteur du CO₂ d'origine industrielle et des nutriments nécessaires à la croissance des algues, production de gaz naturel à partir de la réduction du CO₂ en méthane en utilisant des bactéries méthanogènes

Le **stockage océanique** fait partie des options qui suscitent une opposition vigoureuse en raison des grandes incertitudes à la fois sur l'impact à long terme d'une augmentation de CO₂ sur l'écosystème marin et aussi sur le temps de résidence du CO₂ dans l'océan.

¹ Aquifère profond ou "nappe aquifère" ou "nappe d'eau souterraine" : forme que prend l'eau dans les sols et dans les formations géologiques lorsqu'elle occupe la totalité des vides qui lui sont accessibles. L'eau y circule, presque toujours très lentement, et on peut la collecter grâce à des puits, des forages ou des galeries drainantes.

4. A quelles sources d'émissions s'appliquent la capture et le stockage géologique ?

Cette filière s'applique aux sources d'émissions concentrées de CO₂, c'est à dire aux émissions produites par les installations industrielles (centrales thermiques, cimenteries, raffineries, usines sidérurgiques...) qui sont responsables de plus d'un tiers des émissions de CO₂ dans le monde. Les centrales électriques contribuent, en particulier, pour 40 % aux émissions mondiales de CO₂.

Concernant le transport, deuxième secteur émetteur de CO₂, il n'est pas réaliste de vouloir piéger le gaz carbonique émis par chaque véhicule. Il existe, pour le transport, d'autres moyens de limiter les émissions de CO₂, via des technologies qui améliorent le rendement des moteurs. Les constructeurs automobiles européens s'y sont engagés : ils envisagent de réduire, en moyenne, les émissions de CO₂ au kilomètre parcouru à 120g/km en 2012 (contre 190g/km en 1997).

5. Que représente le volume de CO₂ que l'on pourrait capturer par rapport au volume émis ?

Les technologies devraient permettre de capter plus de 90 % du CO₂ émis par les fumées industrielles. Cela correspond notamment à l'objectif fixé par le projet européen Castor². Le volume de CO₂ réellement évité dans l'atmosphère sera néanmoins inférieur puisque les technologies de capture consomment de l'énergie, ce qui génère à nouveau du CO₂. Des solutions prometteuses minimisant cette surconsommation énergétique sont à l'étude.

6. Quel est le volume de CO₂ qui pourrait être stocké ?

Ce sont les aquifères profonds qui possèdent la plus grande capacité de stockage ; elle est dix fois supérieure à celle des réservoirs de pétrole ou de gaz. Elle dépasserait, pour l'Europe, 800 milliards de tonnes de CO₂ et serait, au niveau mondial, de l'ordre de 10 000 milliards de tonnes de CO₂, soit de quoi stocker la totalité des émissions mondiales pendant des siècles. Les capacités mondiales de stockage dans les gisements d'hydrocarbures permettraient de stocker environ 1 000 milliards de tonnes de CO₂, soit le tiers des émissions mondiales pendant un siècle. Pour ce qui concerne les veines de charbon non exploitées, leur potentiel de stockage, bien que difficile à évaluer, tourne autour de 40 milliards de tonnes.

Cependant, ces estimations varient fortement en fonction des méthodes de calcul utilisées (ex. à l'échelle mondiale, les estimations varient de quelques 100 à 200 000 milliards de CO₂) car elles sont fondées soit sur des hypothèses trop grossières, soit sur la prise en compte partielle des mécanismes de stockage dans le sous-sol.

Une action est engagée au niveau international (Carbon Sequestration Leadership Forum—CSLF) afin de clarifier les terminologies utilisées et proposer des méthodes d'estimation acceptées et validées par tous les membres de cette organisation. Ainsi, une comparaison entre les valeurs proposées sera-t-elle possible tout en maîtrisant les limitations des estimations déjà publiées.

² Projet européen CASTOR : L'objectif du projet est de permettre la capture et le stockage géologique de 10% des émissions européennes de CO₂, soit 30% des émissions des grosses installations industrielles (centrales thermiques de production d'électricité principalement). Pour ce faire, deux types d'approche doivent être validées et développées : d'une part, de nouvelles technologies permettant la capture et la séparation du CO₂ des fumées, et son stockage géologique, et d'autre part, des outils et méthodes permettant de quantifier et minimiser les incertitudes et risques liés au stockage du CO₂.

7. Sous quelle forme va-t-on pouvoir transporter, injecter et stocker le CO₂ ?

La transport du CO₂ peut se faire, à l'état supercritique ou à l'état liquide, par pipelines ou par bateaux.

- Le CO₂ est déjà transporté dans des gazoducs à l'état super critique (pression supérieure à 74 bars et à plus de 31°C) pour les besoins de l'industrie pétrolière. La méthode est notamment employée aux Etats Unis où plus de 900 millions de tonnes par an transitent dans 1 000 km de pipelines. Ce type de transport est relativement coûteux car il nécessite une bonne isolation et des installations de compressions et d'injection adaptées.
- Le CO₂ peut être transporté et injecté dans le sous sol à l'état liquide : la température et la pression doivent être calculées pour le maintenir en phase liquide (par exemple 10 bars et -40°C). Cette deuxième solution permet de réduire le coût des équipements d'injection, mais entraîne un coût supplémentaire de réfrigération.
- Dans le sous-sol profond (au-delà de 800 m de profondeur), le CO₂ est piégé essentiellement sous forme supercritique. Au cours du temps, une partie du CO₂ va se dissoudre dans l'eau (piégeage sous forme dissoute) et éventuellement réagir avec la roche pour former des minéraux carbonatés (piégeage sous forme minérale).

8. Comment envisage-t-on de capturer le CO₂ ?

3 possibilités :

- Piéger le CO₂ rejeté dans les fumées de combustion des installations industrielles existantes. Le CO₂ peut être, par exemple, extrait dans des colonnes de lavage grâce à un solvant chimique qui est ensuite régénéré. Mais, avec les technologies actuelles, le procédé induit une forte surconsommation énergétique.
- Réaliser une combustion en présence d'oxygène pur au lieu de l'air (pour les nouvelles installations), ce qui permet d'obtenir des fumées plus concentrées en CO₂. Mais la séparation de l'oxygène de l'air est également coûteuse et consommatrice d'énergie.
- Extraire le CO₂ à la source, avant l'étape de combustion, en transformant le combustible fossile en un gaz de synthèse³. Cette voie, à plus long terme, permettrait de produire de l'hydrogène tout en capturant efficacement le CO₂.

9. Comment envisage-t-on de réduire les coûts de la capture ?

En améliorant la performance des technologies ! La capture représente environ 70 % du coût total, évalué entre 50 et 70 dollars par tonne de CO₂ évitée. De nombreux travaux de recherche sont conduits pour réduire les coûts de moitié, ce qui permettrait de rendre cette étape abordable pour la plupart des installations industrielles. Portées par des consortiums privés internationaux comme le "CO₂ Capture Project" (CCP) ou les programmes européens Castor et Encap, les recherches portent sur tous les aspects : depuis la consommation énergétique des procédés jusqu'aux performances des solvants (stabilité, capacité de régénération, sélectivité), en passant par les systèmes d'élimination des éléments traces, les technologies des membranes, la mise au point de nouveaux catalyseurs ou la capture de CO₂ sous forme d'hydrate.

L'optimisation de la gestion de l'énergie dans les usines est également un enjeu important. À titre d'exemple, dans le procédé de post-combustion par amines, la régénération du solvant nécessite, actuellement, un apport énergétique d'environ 3 à 4 milliards de joules par tonne de CO₂, principalement sous forme de vapeur d'eau. Deux options pour la fourniture de vapeur sont possibles, soit une chaudière réservée spécialement à cet usage, soit une récupération de vapeur à partir du réseau basse pression de l'installation. Cette dernière option offre une meilleure gestion de l'énergie, avec pour défi de maintenir un rendement élevé de l'installation de production.

³ le combustible est converti en entrée d'installation en gaz de synthèse, mélange de monoxyde de carbone (CO) et d'hydrogène. Puis lors d'une étape de conversion, le CO réagit avec l'eau pour former du CO₂ et de l'hydrogène qui sont ensuite séparés

10. Y a-t-il des verrous technologiques ? Quels sont les pays et les organismes en pointe dans le domaine de la capture ?

- Les technologies pour extraire le CO₂ des fumées de combustion existent. Les industriels s'y intéressent de près car, même si les coûts restent aujourd'hui prohibitifs, ces technologies pourraient s'appliquer aux usines actuelles et être utilisées à grande échelle. Des solutions plus performantes sont à l'étude dans les laboratoires, tant en Europe (projet Castor) qu'aux Etats-Unis (DOE). Un débouché industriel pourrait être envisagé, pour certaines d'entre elles, à l'horizon 2010/2015.
- S'agissant des nouveaux processus de combustion renforçant la concentration en CO₂ envisagés dans le cas du remplacement des usines (en particulier des centrales à charbon européennes), la recherche et les laboratoires européens, notamment suédois et français, sont très en pointe. Une technologie prometteuse de "chemical looping" utilisant un support métallique dans la production d'oxygène fait l'objet de toutes les attentions.
- La troisième voie - la décarbonisation avant la combustion du combustible, en entrée d'installation, via la production d'hydrogène - est la plus prometteuse mais la plus futuriste. L'Europe et les Etats-Unis ont lancé deux programmes de recherche, sur 10 ans, et financés par plus de 1 milliard d'euros chacun.

11. Où envisage-t-on de stocker du CO₂ et à quelle profondeur ?

Le stockage géologique est envisagé à des profondeurs supérieures à 800 mètres :

- dans des gisements de pétrole et de gaz naturel épuisés ou en voie d'épuisement (combiné à la récupération assistée de pétrole ou de gaz), à une profondeur entre 500 et 2 000 mètres
- dans des gisements de charbon inexploités (combiné à la production de méthane) à une profondeur moyenne de l'ordre de 1000 mètres,
- en aquifères profonds, à une profondeur supérieure à 1000 mètres.

La profondeur nécessaire pour atteindre l'état supercritique du CO₂ (à plus de 31°C et 74 bars de pression, le CO₂ est plus dense et occupe moins de volume) dépend du gradient géothermique local ; elle se situe généralement entre 700 et 900 mètres.

12. Quelle durée de stockage envisage-t-on pour réduire les émissions de CO₂ ? 100, 200, 500, 1000 ans ? Et pourquoi ?

La durée de stockage envisagée est comprise entre 500 et quelques milliers d'années. Il semble admis par la communauté scientifique qu'il faudra environ 500 ans pour espérer stabiliser la teneur de l'atmosphère en CO₂ et mettre fin au recours aux énergies fossiles. Cette durée de stockage est d'ores et déjà envisageable dans les réservoirs d'hydrocarbures en voie d'épuisement (Weyburn au Canada, Snøvit en Norvège, Gorgon en Australie et Kzeikin en Allemagne).

Il s'agit de couvrir non seulement la durée pendant laquelle les combustibles fossiles resteront disponibles (1 à 2 siècles) mais aussi la durée du rééquilibrage océan-atmosphère (environ un demi-millénaire). En effet, il faut prendre en compte le cycle du carbone qui est régi par deux échanges : l'échange entre l'atmosphère et l'océan et celui entre la biosphère et l'atmosphère. Si les échanges avec la biosphère se font sur des échelles décennales, le cycle de l'océan s'étend sur plusieurs siècles. Une stabilisation des teneurs en CO₂ dans l'atmosphère impose donc de conserver le CO₂ dans le sous-sol sur des durées compatibles avec le cycle océanique. Par mesure de précaution, on envisage des solutions qui permettent d'effectuer le stockage sur des périodes pouvant atteindre un à deux milliers d'années.

13. A quelle échéance pourrait-on envisager une mise en œuvre industrielle de la capture et du stockage du CO₂ ?

En Norvège, Statoil stocke depuis 1996 un million de tonnes de CO₂ par an dans un aquifère sableux sous la Mer du Nord. Il s'agit de la première opération industrielle de stockage géologique à des fins environnementales. Depuis, plusieurs projets pilotes de capture et d'injection de CO₂ ont été mis en œuvre. Il reste encore à faire la preuve de la faisabilité technique et économique à grande échelle de la filière. C'est l'objet des nombreux projets de recherche internationaux en cours aujourd'hui.

Une fois que les conditions de sécurité et la viabilité technico-économique de la filière seront garanties, il restera à en convaincre les opinions publiques, à constituer un cadre juridique et à mobiliser les investissements nécessaires. Dans ce contexte, la capture et le stockage du CO₂ pourraient se développer, à une échelle industrielle, d'ici 10 à 15 ans.

14. Quels sont les pays en pointe dans le domaine du stockage? Y a-t-il des verrous technologiques ?

Les pays en pointe dans ce domaine sont :

- la Norvège (opération industrielle de stockage géologique du CO₂ en mer du Nord, Sleipner depuis novembre 1996)
- les Etats-Unis et le Canada (opération industrielle de récupération assistée de pétrole à Weyburn depuis septembre 2000), l'Australie qui a construit une feuille de route extrêmement solide et détaillée et qui s'apprête à lancer ses premières opérations de démonstration
- l'Angleterre, le Danemark, les Pays-Bas et la France qui participent à de nombreux projets européens et internationaux de recherche. Le premier projet européen de recherche JOULE, auquel la France a participé a démarré en 1993. Depuis 5 ans, l'Allemagne et l'Italie ont également une politique très bien structurée.

Le stockage géologique du CO₂ à l'échelle industrielle sera techniquement viable lorsque l'on aura prouvé la capacité des réservoirs à recevoir un flux important de gaz pendant plusieurs décennies, démontré l'aptitude des sites de stockage à retenir le CO₂ injecté pendant une période minimale de l'ordre de 1000 ans avec un risque maîtrisé de fuite accidentelle, et un taux de fuite moyen annuel inférieur à 0,001% de la quantité initialement stockée, montré la possibilité de surveiller les stockages et compris le devenir du CO₂ à long terme (centaines d'années) en évaluant les risques et les bénéfices associés aux interactions eau-roche.

15. Va-t-on pouvoir injecter le gaz là où il est produit en grande quantité ?

Tout dépend du type de stockage envisagé. Les lieux de stockage les plus connus et les mieux maîtrisés sont actuellement les gisements de pétrole et de gaz déplétés ou en phase de déclin. Leur potentiel à l'échelle mondiale se situe entre 560 et 1170 Gt CO₂. Mais ces stockages potentiels sont très inégalement répartis sur la planète et, généralement, ils ne sont pas situés dans les régions où les émissions, et donc le potentiel de capture, sont les plus grands. L'utilisation massive de ces lieux de stockage impliquerait donc de transporter le CO₂ sur de très longues distances, et en grande quantité : par exemple, pour la seule production d'électricité, la capture du CO₂ pourrait représenter en 2050 un volume de gaz à transporter 5 fois supérieur à celui du gaz naturel transporté actuellement.

L'intérêt d'étudier les autres lieux de stockage, comme les aquifères salins et les veines de charbon inexploitable, est donc important. Ces derniers sont mieux répartis sur la planète, mais leur potentiel réel encore mal connu.

16. Comment va-t-on transporter le CO₂ sur de longues distances ?

Compte tenu des volumes et des distances, deux types de transport sont possibles à grande échelle :

- Par bateau : le CO₂ est transporté en phase liquide à pression modérée et à basse température.
- Par canalisation terrestre et maritime : le CO₂ est sous pression à l'état super critique. Une solution de transport à l'état liquide, plus économique, est à l'étude.

17. Envisage-t-on de faire un site pilote de capture en France ou en Europe?

Dans le cadre du projet européen Castor, le plus grand pilote mondial de capture post combustion devrait démarrer début 2006, au Danemark (opérateur : compagnie Elsam). En France, la capture et le stockage du CO₂ figurent parmi les priorités de l'ANR laquelle pourrait aider à la réalisation de projets de démonstration industriels.

18. Envisage-t-on de faire un site pilote de stockage en France ? Où et à quelle échéance ?

Oui, en aquifère profond dans le grand bassin parisien où l'on trouve des couches géologiques susceptibles de piéger le CO₂ (qui passe de l'état gazeux à l'état supercritique à 800 m de profondeur) : les carbonates du Dogger (1400 à 2200 mètres de profondeur) et les grès du Trias (1500 à 3000 mètres de profondeur), et à une échéance comprise entre 2008 et 2010.

19. La convention de Londres sur l'interdiction de mettre des déchets en mer est-elle un frein au stockage géologique dans les nappes phréatiques appartenant au domaine maritime ?

Aujourd'hui, le stockage en mer est régi par deux textes qui traitent de la protection de l'environnement marin lors de l'immersion de déchets : la convention de Londres (1972, 1996) et la convention Oskar (Convention for the Protection of the Marine Environment of the North East Atlantic). Le but de ces traités est de protéger l'écosystème marin d'une éventuelle pollution.

La convention de Londres n'intègre pas la gestion et le stockage du CO₂ dans ses articles concernant la prévention de la pollution des mers. Même s'il n'est pas reconnu comme polluant, ce type de stockage doit être cependant évalué au regard des dispositions internationales protégeant le milieu océanique. Pour clarifier la situation, un groupe de travail émanant de la Convention de Londres s'est constitué. Il devra faire la liste des différents points juridiques de la Convention qui pourraient concerner le stockage du CO₂, afin de débattre d'une éventuelle adaptation ou d'amendements futurs.

En l'absence de législation, il semble légalement possible dans le cadre de la Convention OSPAR de capter le gaz sur le continent pour l'injecter sous la mer à condition qu'il soit convoyé par pipeline.

D'autres problèmes juridiques sont soulevés par le stockage du CO₂, liés à son caractère éventuel de « déchets » et à plusieurs textes législatifs et réglementaires existants (code minier, directive sur l'eau...).

20. Quel est le coût de la filière ? Cette filière peut-elle être économiquement rentable ?

Les technologies de transport de CO₂ par pipeline et d'injection en profondeur dans des couches géologiques sont opérationnelles à des coûts raisonnables. En revanche, les techniques de capture existantes sont relativement onéreuses. Le coût de la filière complète capture/transport/stockage est actuellement évalué à 50 euros en moyenne la tonne de CO₂ évitée⁴, dont 85% pour la seule capture qui intègre le prix de la séparation du gaz carbonique et sa compression.

Les solutions envisagées pour réduire les coûts sont l'amélioration des techniques de capture existantes et le développement de technologies innovantes mais aussi une intégration énergétique poussée au niveau des procédés et la standardisation des méthodes mises en oeuvre.

L'objectif à terme est d'atteindre des coûts de l'ordre de 20 à 30 €/t CO₂. A titre de comparaison, depuis le 1er janvier 2005, le prix du quota européen de CO₂ se situe, après six mois, à plus de 20 €/t CO₂ après avoir démarré à près de 5 €/t CO₂ en janvier 2005.

21. Où en est-on de l'entrée en vigueur des quotas d'émissions et des bourses de CO₂ ? Quel est le prix de la tonne de CO₂ ?

Powernext Carbon, le marché hexagonal au comptant de quotas de CO₂, a été lancé le 24 juin 2005. Cette bourse est dotée d'un système de livraison contre paiement sécurisant les engagements financiers et la livraison de quotas. Ce marché est le fruit d'une collaboration entre 3 partenaires : Powernext qui gère le marché, agréé les membres, met à disposition une plate-forme de négociation continue et édicte les règles du marché, la Caisse des Dépôts qui intervient comme gestionnaire du mécanisme de livraison contre paiement (LCP) et assume le rôle d'intermédiaire lors des transactions et Euronext qui assure un rôle de place financière auprès des différents acteurs concernés. Les premiers échanges ont permis d'établir un prix du quota d'émission tournant autour de 23 Euros la tonne.

Les bourses de Chicago et Londres existent depuis 2004, celle de Bruxelles depuis le début 2005.

22. Quelle pourrait être la portée de la filière capture/stockage dans le cadre du mécanisme de développement propre du Protocole de Kyoto ?

Le mécanisme de développement propre du protocole de Kyoto prévoit la possibilité, pour les pays signataires, d'investir dans des projets permettant une réduction des émissions de CO₂ dans les pays en développement non signataires. Le pays investisseur obtient, en contrepartie et sous certaines conditions, des crédits d'émissions.

A l'heure actuelle, les technologies de capture et stockage du CO₂ ne permettent pas à un industriel de réduire son niveau d'émission dans les inventaires, faute de reconnaissance juridique internationale.

Elles pourraient dans le futur faire parti des mécanismes de Kyoto (à l'occasion des futures négociations), quand elles seront éprouvées et validées. Ces technologies pourraient alors intervenir dans les bilans d'émissions des entreprises (baisses des émissions, crédit...)

⁴ La tonne de CO₂ évitée est égale à la différence entre les émissions d'une centrale de référence et les émissions de la même centrale équipée de technologies de capture

23. Quel pourrait être l'apport de la capture et du stockage à la filière hydrogène?

La production massive d'hydrogène, utilisée comme vecteur énergétique ou comme matière première de nombreuses filières industrielles, constitue un espoir sérieux de parvenir à une ère industrielle moins émettrice de gaz carbonique. Cependant, la production d'hydrogène en elle-même est une opération fortement consommatrice d'énergie qui pourrait donc conduire à une augmentation des émissions de gaz à effet de serre. Le stockage géologique du CO₂ est donc une solution potentielle à la réduction des émissions engendrées par la production d'hydrogène. En effet, la production d'hydrogène par vapo-reformage⁵ de gaz naturel (CH₄) ou par oxydation partielle de charbon suivie de vapo-reformage des gaz produits se fait en deux étapes imbriquées : production d'hydrogène et production de CO₂ de grande pureté qu'il est alors aisé de capter et de stocker en formation géologique.

24. Quelle est la réglementation pour le stockage géologique à terre ?

Actuellement, il n'y en a pas ! Elle est donc à définir. Un groupe de travail piloté par le Conseil général des Mines a été mis en place par le Ministère de l'Industrie en juin 2005.

25. Y a-t-il des risques de fuites ? Quelles seraient les conséquences pour les populations locales ?

Des fuites localisées en grandes quantités représenteraient un risque sérieux pour les populations. Tout le monde a en mémoire le dégazage du Lac Nyos au Cameroun ayant entraîné de nombreuses morts dans les populations alentours. Il est donc évident que la prise en compte du risque de fuite brutale est l'élément prioritairement étudié par la communauté scientifique. Il ne pourrait que correspondre à des incidents au niveau des cuvelages ou des cimentations de puits. Ces risques sont classiquement maîtrisés par l'industrie pétrolière et gazière. On est ici dans l'analyse de risque industriel. S'agissant des fuites, faibles, régulières et diffuses, le risque maximum toléré est de 0,001 % de fuite par an. De tels niveaux ne présentent absolument aucun danger puisqu'ils sont 100 fois plus faibles que les flux naturels associés au fonctionnement biogénique des sols.

Il faut cependant ajouter que le stockage géologique du CO₂ n'est pas une invention humaine. De nombreux gisements naturels de CO₂ sont en place dans le sous-sol depuis des milliers, voire des millions d'années, dans certains bassins sédimentaires (Montmiral dans la Drôme, Etats-Unis, Australie, Chine, Hongrie, Italie, Allemagne, Grèce...) et peuvent donc servir de modèles pour comprendre le comportement du CO₂ dans le sous-sol.

⁵ Reformage : réaction chimique qui casse les molécules d'hydrocarbures sous l'action de la chaleur pour en libérer l'hydrogène. Le vapo-reformage du gaz naturel est le procédé le plus courant : le gaz naturel est exposé à de la vapeur d'eau très chaude et libère ainsi l'hydrogène qu'il contient et du CO₂.

26. Comment garantir la sécurité de la filière ?

La maîtrise des risques en terme de sécurité autour du stockage géologique est un enjeu prioritaire. Il s'agit donc de garantir la sécurité de la filière sur de longues périodes et la surveillance des sites de stockage est un des points clés de cette sécurité. Pour ce faire, il est nécessaire de contrôler et maîtriser l'injection et la localisation du CO₂ mais aussi de surveiller les possibilités de fuites qui peuvent survenir au cours de la vie du stockage.

Des premières opérations d'injection sont en cours au niveau mondial depuis quelques années. Cela permet d'améliorer le savoir-faire mais il est indispensable de les compléter par des travaux de recherche pour acquérir la maîtrise de la compréhension des processus chimiques et physiques dans les formations géologiques susceptibles de recevoir le CO₂. Des méthodologies doivent également être développées pour la sélection des sites de stockage et la prédiction à long terme de l'impact du CO₂ sur le réservoir et l'environnement ainsi que pour l'évaluation des risques, ou pour la surveillance et la vérification. De nombreux projets d'étude dans le monde s'attellent à cette tâche. Le programme national sur la capture et le stockage du CO₂ a inscrit cette thématique de façon prioritaire.

Les enquêtes réalisées auprès du grand public révèlent une méconnaissance totale mais bien compréhensible de ces technologies. Quand il parvient à être informé, il s'inquiète de la pérennité des installations et des risques de fuite. Les opérations de communication, d'explication et de dialogue avec le public devront donc sensibiliser la population à ces nouvelles technologies pour parvenir à un consensus autour du projet.

27. Les budgets de R&D affectés à la capture et au stockage de CO₂ ne pénalisent-ils pas les efforts à porter sur les autres moyens de réduction des gaz à effet de serre ?

Non, si l'on prend en compte la problématique de la transition énergétique. Il faut considérer l'effort financier en matière de R&D consenti sur la capture et le stockage du CO₂ comme indispensable dans la période transitoire entre les actuelles énergies fossiles (pétrole, gaz et charbon), qui occuperont encore une place dominante dans les prochaines décennies, et les énergies alternatives - énergies renouvelables et futures énergies (hydrogène et piles à combustible, solaire...) - qui ne sont pas encore matures pour prendre massivement le relais.

Même si l'on envisage des politiques incitatives fortes qui viendraient renforcer les efforts de substitution des énergies fossiles par des sources d'énergie alternatives, il paraît impossible, compte tenu de l'inertie des systèmes énergétiques, d'envisager à l'horizon des 20 à 30 prochaines années une substitution massive des énergies fossiles, qui représentent près de 90% de la fourniture d'énergie, par d'autres sources d'énergie. Dans un contexte d'utilisation durable des énergies fossiles, la maîtrise des émissions de CO₂ est incontournable. Et dans le domaine de l'industrie, la voie du stockage géologique apparaît comme la seule en mesure de traiter le problème à grande échelle.