



Cette plateforme gazière de Sleipner au large de la Norvège, exploitée par Statoilhydro, stocke depuis 1996 un million de tonnes de CO₂ par an produites par l'extraction de gaz. Le CO₂ est réinjecté dans un aquifère salin, à plus de 800 mètres en dessous du sol marin. Il s'agit de la toute première opération mondiale de stockage.

Le stockage du CO₂ est-il une solution contre l'effet de serre ?

Les émissions de gaz à effet de serre sont un danger immense pour la stabilité du climat. Suffit-il de les capter et de les stocker pour résoudre le problème ? De nombreux projets ont fleuri dans le monde et en France.

Coûteux, inefficace et trop tardif selon **Mae-Wan Ho**.

L'industrie du charbon promeut le stockage du CO₂ sous les termes de « charbon propre »

Le captage et le stockage de carbone sont censés réduire l'impact des combustibles fossiles sur le climat en conservant le CO₂ émis par les centrales thermiques afin de le stocker dans le sous-sol. Ce procédé intéresse beaucoup les gouvernements et les industriels du monde industrialisé.

Aux Etats-Unis par exemple, les

centrales thermiques au charbon fournissent environ la moitié de l'électricité consommée. Or la combustion du charbon produit plus de dioxyde de carbone que tout autre combustible fossile. (1) L'industrie du charbon promeut le stockage du CO₂ sous les termes de « charbon propre ». Le gouvernement Bush a été le premier à s'engager dans le financement d'une centrale à charbon de grande envergure destinée à servir de modèle pour le monde entier. (2) (3) Le partenariat public-privé FutureGen Alliance

comprend des industries comme American Electric Power Service, BHP Billington et China Huaneng Group, la plus importante compagnie charbonnière chinoise. Ce projet a vu le jour en 2005 en réponse à l'appel de Georges Bush en février 2003 pour un programme visant à lancer « la première centrale à charbon mondiale presque sans émissions. »

En 2005, le département de l'énergie américain a donc présenté un projet de 950 millions de dollars pour une centrale à cycle combiné avec gazéification intégrée. Il s'agissait de produire de l'électricité et de l'hydrogène, tout en capturant et en stockant le CO₂ produit. Le ministre de l'écologie Clay Sell à l'énergie claironnait à l'époque : « Il y a déjà 33 projets de ce type. » Or en mars 2007, le coût prévu du prototype qui devait voir le jour dans l'Illinois avait doublé pour s'établir à 1,8 milliard de dollars dont 74 % aurait été payé par l'Etat américain. En janvier 2008, le département de l'énergie américain a logiquement retiré son soutien au projet en raison de l'envolée exponentielle de son coût. Mais au mois de mai 2008, le Sénat américain a adopté une résolution pour obliger le département de l'énergie à relancer FutureGen.

En 2007, au moins 11 projets ont été abandonnés au Royaume-Uni, au Canada et en Norvège.

(4) Les plans pour de nouveaux projets stagnent et le développement de projets existants a considérablement ralenti.

En mai 2008, Rio Tinto et BP ont abandonné un projet en Australie reconnaissant qu'il n'y avait pas de garantie que les roches, sur le site prévu de Kwinana, puissent le stocker de façon hermétique. (5) Le projet devait coûter environ 2 milliards de dollars australiens par an pour une capture de 4 millions de tonnes de CO₂ par an.

En juin 2008, la Royal Society britannique, avec d'autres académies des sciences du monde industrialisé dont la Chine et l'Inde, ont appelé les gouvernements à fixer un calendrier pour mettre au point des centrales thermiques avec capture de CO₂ afin d'éviter le changement climatique « dangereux et irréversible ». (6)

Inefficace

Mais il existe de sérieux doutes sur l'efficacité de la viabilité économique et la sécurité de cette technique et sa capacité à lutter contre le changement climatique. Comme le résume un rapport de Greenpeace (7) : « La technologie est à ses balbutiements et ne sera pas prête à temps pour contribuer à sauver le climat »

En effet, la mise en service du système de captage sur ces centrales ne pourra pas avoir lieu avant... 2030 ! (8) Or selon le Groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) de l'ONU, pour éviter les pires effets

du changement climatique, les émissions devraient commencer à baisser d'ici 2015 à 50 % des niveaux de 1990. Les centrales à charbon, responsables de 40 à 70 pour cent des émissions de CO₂ dans le secteur de l'électricité, ne seront donc pas prêtes à temps pour le captage du carbone. (9)

La capture et le stockage utilisent entre 10 et 40 % de l'énergie produite par une centrale, (10) annulant ainsi les gains d'efficacité énergétique acquis ces 50 dernières années et augmentent d'un tiers la consommation de la ressource. (11)

Les centrales qui stockent et qui capturent le CO₂ requièrent non seulement plus d'énergie mais aussi 90 % d'eau douce en plus.

Cette technique est donc très onéreuse et pourrait augmenter les coûts d'installation des centrales... et ceux de l'électricité entre 21 et 91 %. (12)

En Australie, cette technique amènerait au mieux 9 % de réduction des émissions du pays en 2030 et une réduction cumulée de 2,4 % de 2005 à 2030 du à l'absence de lieu de stockage convenable.

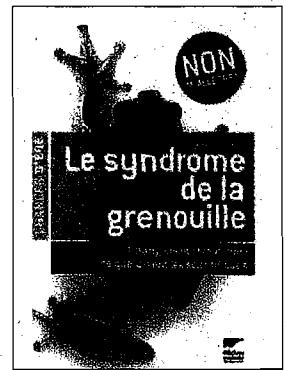
L'Agence internationale de l'énergie (AIE) décrit une centrale prête au captage de CO₂ lorsque « les cadres économiques ou légaux sont en place », ce qui est suffisamment vague pour concerner toute centrale à charbon. Une nouvelle centrale à charbon dans le Kent a été vendue comme apte au captage, mais jusqu'à ce qu'elle soit opérationnelle, elle émettra 8 millions de

tonnes de CO₂ par an. L'AIE estime que pour que la capture ait des effets sur le climat d'ici 2050, il faudrait 6 000 installations injectant chacune dans le sol un million de tonnes de CO₂ par an. (13) Cela paraît difficile d'autant plus que cela nécessiterait suffisamment de sites de stockage à proximité immédiate des centrales, étant donné que le coût du transport sur plus de 100 kilomètres devient prohibitif.

Le captage et le stockage prolongent en réalité notre dépendance au combustible fossile et accélère la production de CO₂ dont une grande quantité serait stockée à nos risques et périls (voir plus bas). Cela confisque les financements qui devraient être consacrés aux les énergies renouvelables. Une récente étude commandée par le gouvernement fédéral allemand confirme que tout euro investi dans le captage et le stockage augmentera les émissions de CO₂ entre 10 et 40 fois plus qu'un euro investi dans les énergies renouvelables. (14)

En juin 2008, un dirigeant de RWE Npower, une compagnie espérant construire une grande centrale à charbon avec le captage et le stockage à Tilbury sur l'estuaire de la Tamise, a exprimé ses

Les techniques de capture et le stockage de carbone ne seront pas prêtes à temps pour sauver le climat



Le Syndrome de la grenouille

Une grenouille plongée dans l'eau bouillante essaiera de s'extirper. Tandis qu'une grenouille plongée dans l'eau froide ne réagira pas avec l'augmentation de la température et finira ébouillantée. Philippe Dubois propose dans cet ouvrage une synthèse sous forme de question-réponse sur les signes de la crise climatique chez les animaux, les plantes, les écosystèmes, pour qu'à la différence de la grenouille, nous ne puissions pas dire que nous ne savions pas !
Philippe J. Dubois, *Le Syndrome de la grenouille*, Delachaux et Niestlé, 2008, 190 pages.



Mae-Wan Ho
est directrice de l'association britannique **Institute for science in society**.
Site : www.i-sis.org

Le captage et le stockage du carbone

Le CO₂ sous forme concentrée issu d'installations industrielles comme les centrales thermiques, les cimenteries, les raffineries, les usines sidérurgiques, doit être piégé, puis transporté et enfin stocké.

Le piégeage du CO₂ est de loin la phase la plus énergivore. La solution la plus simple est de faire passer les gaz de combustion dans un solvant chimique qui absorbera le CO₂. La technologie dite oxy-fuel consiste à effectuer une combustion complète avec de l'oxygène à l'état pur, pour produire du CO₂ et de l'eau H₂O. Cette technique est difficile à mettre en œuvre à grande échelle. Enfin, des recherches ont lieu pour modifier les modalités de combustion du charbon dans les centrales thermiques pour obtenir plus facilement le CO₂.

Le transport du CO₂

Gazoducs, navires, rail et route, pipelines... ces derniers apparaissant comme l'option la plus probable. Le transport par pipeline exige que le gaz soit comprimé à l'état liquide. Le transport par des conduites de ce type est actuellement utilisé aux États-Unis, qui ont plus de 2 500 km de canalisations à CO₂ dans la moitié Ouest du pays, où 50 millions de tonnes de CO₂ sont évacuées chaque année – soit un montant d'émissions de CO₂ équivalent à la production annuelle d'environ seize centrales électriques au charbon de 500 MW ; ce CO₂ est dirigé vers des sites dans l'Ouest du Texas et ailleurs, pour la récupération assistée du pétrole dans des projets en cours.

Le stockage du CO₂

- Dans les océans
Il consiste à injecter du CO₂ à grande profondeur, de préférence en dessous de 3 000 m, où la pression est suffisante pour comprimer le CO₂ sous forme d'un liquide dense, pour former des lacs de CO₂ à partir des puits de pétrole dans la mer. Ces sites de stockage

seraient impossibles à surveiller et sont interdits par la législation internationale actuelle.

- Dans le sous-sol des continents
Il s'agit d'injecter du CO₂ dans des formations rocheuses permanentes, scellées par des couches rocheuses denses et imperméables, à plus de 800 m au-dessous du sol. Quatre possibilités :
- Les réservoirs de pétrole et de gaz épuisés, qui ont un potentiel mondial théorique d'environ 675 et 900 Gt de CO₂ inégalement répartis sur la planète et pas forcément situés sur le lieu des émissions. (1)
- La récupération assistée du pétrole consistant à injecter du CO₂ dans des réservoirs existants de pétrole et de gaz, pour en améliorer l'extraction ! Le projet le plus connu est situé dans le Saskatchewan, au Canada, dans le champ pétrolifère de Weyburn qui utilise le transport par pipelines, des déchets de CO₂ à partir d'une usine de gazéification qui se trouve dans le Dakota du Nord, aux États-Unis.
- Les aquifères salins profonds : les mieux répartis sont des roches poreuses contenant de l'eau très salée et qui peuvent fournir une capacité de stockage estimée entre 1 000 Gt et 10 000 de CO₂, (2) mais leur sécurité est loin d'être établie.
- Des filons de charbon profonds non exploitables. Dans le processus, du méthane est libéré et il pourrait être récupéré et utilisé pour compenser les coûts du piégeage et du stockage du carbone. Mais une grande incertitude demeure sur les aspects techniques, ainsi que la capacité de stockage : entre 3 et 200 Gt. (3)

Notes

(1) "Carbon Dioxide Capture and Storage" IPCC, 2005 - Bert Metz, Ogunlade Davidson, Heleen de Coninck, Manuela Loos and Leo Meyer, Cambridge University Press, UK, page 221.

(2) Id.

(3) Ibid.

inquiétudes par rapport au coût et au calendrier. M. Chris Elston dit que de telles centrales « pourraient doubler le coût de l'électricité ».

Injection de CO₂... dans les champs pétrolifères

Une proposition pour rendre le captage et le stockage moins coûteux est la récupération assistée du pétrole (en anglais EOR), qui consiste à injecter le CO₂ dans un champ pétrolifère souterrain pour en faire ressortir le gaz ou le pétrole restant. Cela permet de rallonger la durée de vie du champ pétrolifère de 20 ans ! Or le gisement pétrolier britannique est devenu économiquement non rentable en 2005. BP a alors recherché des aides publiques

auprès du gouvernement britannique pour initier un projet de récupération de CO₂, mais les profits attendus ne compensaient pas les coûts de captage et de stockage. BP a tenté de convaincre le gouvernement de remplir le déficit attendu avec une réduction d'impôt de 50 % et un taux de retour subventionné garanti ! Mais le gouvernement britannique a heureusement refusé. (15)

Quant à lui, le gouvernement norvégien s'est engagé à couvrir tous les coûts additionnels de construction et de fonctionnement pour les deux

centrales de gaz naturel Karsto et Mongstad. La centrale de Karsto, qui émet environ 1 million de tonnes de CO₂ par an, a été mise en service en novembre 2007. Le captage et le stockage devaient fonctionner en 2009 mais la date de mise en service a été repoussée à 2012 au plus tôt : l'usine de capture, le pipeline et le lieu de stockage doivent encore être construits ! La raffinerie de Mongstad qui devait être un centre test de deux usines pilotes est en construction avec l'objectif de capturer 100 000 tonnes de CO₂ par an. D'ici 2011. Pourtant d'ici là, tout le CO₂ capturé sera... relâché dans l'atmosphère parce que les pipelines et le stockage ne sont eux non plus pas encore construits...

Risques de fuite

Avec le stockage du CO₂ dans des sites géologiques, le risque d'une fuite lente ou brutale existe.

Un exemple bien connu du danger de la fuite naturelle de CO₂ est l'accident survenu en 1986 au lac Nyos au Cameroun. Une éruption volcanique a provoqué la libération d'un kilomètre cube de gaz carbonique accumulé au fond du lac. Le gaz dégagé a asphyxié 1 700 personnes et des milliers de d'animaux à 25 km à la ronde. (16)

Une expérimentation de champ géologique piloté en 2006 a été menée pour tester le dépôt de dioxyde de carbone dans une roche saline sédimentaire à Frio au Texas. Les chercheurs

S'agit-il de sauver le climat ou de sauver l'industrie ?

ont trouvé que le CO₂ enterré dissolvait de grandes quantités de minéraux dans les rochers responsables de la capture du gaz. (17) En effet, le CO₂ se dissout dans l'eau salée et l'acidifie. L'acide dissout les autres minéraux dont des métaux comme le fer et le manganèse qui scellent naturellement les pores et les failles dans les sites géologiques. La dissolution de ce scellement relâcherait le CO₂ dans l'atmosphère. En outre l'eau contaminée par les métaux pourrait s'infiltrer dans les aquifères et contaminer l'eau d'irrigation et de boisson. Le scientifique responsable de cette expérimentation Yousif Kharak a prévenu que les résultats devaient servir d'avertissement, qui appellent à des études détaillées et soignées de sites d'injection » et pour « un programme bien mené pour détecter toute fuite de CO₂ dans l'eau potable ou l'atmosphère. »

Résumons : les risques environnementaux sont la fuite lente de sites de stockage par des failles géologiques, la fuite de CO₂ et des substances associées dans l'eau profonde, la migration de métaux toxiques en surface contaminant l'eau de surface, les sols et l'eau de mer.

Les fuites locales de CO₂ présentent un danger d'asphyxie pour les hommes et les animaux. Le

CO₂ est plus dense que l'air et peut s'accumuler dans des aires peu ventilées il devient un danger à partir de 3 %. Le CO₂ affleurant à la surface peuvent avoir des effets létaux sur les plantes et les animaux des sols. L'acidification et la suppression de la respiration racinaire ont été observées dans des zones volcaniques et sismiques. Sur la montagne Mammoth en Californie, le relâchement de CO₂ suite à plusieurs faibles tremblements de terre a suffi à tuer une centaine d'hectares de forêt. Le CO₂ peut acidifier l'eau et mobiliser des métaux toxiques. Son injection souterraine peut augmenter la pression déplacer la saumure et être à l'origine d'activités sismiques. (18)

Des entreprises non responsables

Le captage et le stockage du CO₂ sont donc si risqués que l'industrie est réticente à y mettre toutes ses billes sans un cadre qui la protège d'une responsabilité à long terme. (19) Des usines refusent de fournir le CO₂ pour stockage, à moins de se voir ôter la responsabilité du CO₂ au delà du

L'enfouissement de CO₂ dans un champ de pétrole permet de récupérer... du pétrole !



Coteaux du Jurançon. Total prévoit de capter et de comprimer le CO₂ émis sur le site de Lacq pour le transporter par gazoduc sur 30 km afin de l'injecter dans le gisement de gaz épuisé de Rousse, sur les coteaux du Jurançon, à une profondeur de 4 500 mètres. 150 000 tonnes de CO₂ sur deux ans seraient captées et stockées. Une fois le puits refermé, Total se désengagerait, laissant à l'Etat français la charge de la surveillance et de la maintenance du site, et la responsabilité en cas d'accident. La municipalité de Jurançon a refusé le permis de construire et a voté à l'unanimité une motion de réserve sur le projet lors d'un Conseil municipal début juillet 2008. L'association locale Coteaux de Jurançon environnement lutte également activement contre le projet. Site : <http://asso-cje.over-blog.com>

territoire de la centrale. Les opérateurs potentiels réclament d'être couverts par une assurance des pouvoirs publics pour le stockage du CO₂.

J'insiste sur le fait que le captage et le stockage du CO₂ détournent des financements de l'énergie renouvelable. Par exemple, l'Australie a trois centres de recherche sur les combustibles dont l'un se concentre sur le captage et le stockage mais pas un seul n'est dédié aux énergies renouvelables. En Norvège, la recherche sur le pétrole reçoit cinq fois plus de financements que les énergies renouvelables.

Les coûteux projets de stockage de CO₂ détournent les financements de l'énergie renouvelable

En 2009, les Etats-Unis comptent dépenser 623 millions de dollars soit 26 % de plus qu'en 2008 pour le captage et le stockage de CO₂, tout en diminuant de 27,1 % leur investissement dans

les énergies renouvelables à 146,2 millions de dollars. (20) Espérons néanmoins que la nouvelle administration américaine reviendra sur ces orientations.

Concluons avec le Programme des Nations unies pour le développement pour lequel indépendamment de leurs inconvénients, les techniques de captage et le stockage de CO₂ « arriveraient de toutes façon trop tard sur le champ de bataille pour contribuer à éviter la crise climatique ». (21) ■

Les projets en France

Au niveau européen le programme « Zero Emission Fossil Fuel Power Plants » prévoit douze opérations de captage pour ne pas avoir à payer la taxe liée aux émissions de carbone d'ici 2015, et six lieux de stockage. L'Etat français, par le biais de la structure dénommée Cired qui compte des partenaires privés et publics comme l'ADEME (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie), s'est même engagée à aider les industriels. Dans le cadre du projet METSTOR – Méthodologie de sélection des sites de stockage du CO₂ dans des réservoirs souterrains en France – , il est déjà prévu un site « pilote » dans le Bassin parisien dans les carbonates du Dogger et les grès du Trias entre 2009 et 2011.

En ce qui concerne les projets privés mais dont les risques sont pris en charge par l'Etat, citons Total en Aquitaine, Veolia Environnement à Claye Souilly, près de Paris, avec 200 000 tonnes par an de CO₂ traité, produit par les unités de valorisation énergétique de biogaz déjà existantes. Le CO₂ serait injecté dans un aquifère salin à 1 500 mètres de profondeur. L'Association de défense de l'Environnement de Claye-Souilly et ses alentours s'est mobilisée contre le projet. Site :

<http://adenca.over-blog.com/>

63% des Français se déclarent inquiets face aux incertitudes liées aux risques de l'enfouissement du carbone (sondage avril 2007 Tns-Sofres et Cired).

Les puits de carbone

Guy Jacques
Bernard Saugier

Les puits de carbone

Le livre scientifique de référence sur les puits naturels de carbone. Les auteurs concluent qu'il est « incontestable que les puits naturels de CO₂, l'océan et la biosphère terrestre, sont proches de leur capacité limite d'acceptation qui leur a permis, depuis la révolution industrielle, d'absorber la moitié des émissions anthropiques ». Deux solutions : réduire de 80 % la consommation d'énergie par habitant et passer aux énergies renouvelables, solutions qui risquent même d'être insuffisantes soulignent les auteurs.

Guy Jacques et Bernard Saugier, *Les puits de carbone*, Lavoisier, 2008, 171 pages.

Notes

(1) "Carbon-emissions culprit ? Coal" Seth Borenstein, 3 June 2007, *The Seattle Times*, http://seattletimes.nwsource.com/html/nationworld/2003732690_carbon03.html

(2) "DOE drops clean-coal plant to focus on carbon capture", Thomas F. Armistead, 6 February 2008, *Engineering News Record*,

<http://enr.construction.com/news/powerIndus/archives/080206a.asp>

(3) Rochon E. et al. False Hope, "Why carbon capture and storage won't save the climate", Greenpeace International, Amsterdam, May 2008. Rapport complet disponible en anglais sur www.greenpeace.org.

Synthèse en français : www.greenpeace.org/raw/content/france/presse/dossiers-documents/faux-espoir.pdf

(4) Greenpeace, op. cit.

(5) "Rio and BO ditch plan to build green power plant", *Sydney Morning Herald*, 14 mai 2008, MAC : Mines and Communities, <http://www.minesandcommunities.org/article.php?a=8615>

(6) "Climate change : Carbon capture from power stations must start soon, say scientists", Ian Sample, *The Guardian*, 10 juin 2008, <http://www.guardian.co.uk/environment/2008/jun/10/carboncapturestorage.carbonemissions>

(7) World Business Council for Sustainable Development, 2006, cité par Greenpeace op. cit.

(8) *Facts and Trends, Carbon Capture and Storage*, World Business Council for Sustainable Development, 2006, <http://www.wbcsd.org/web/publications/facts& trends-ccs.pdf>

(9) Abanades JC et al, in *Carbon Dioxide Capture and Storage*, IPCC, 2005 - Bert Metz, Ogunlade Davidson, Heleen de Coninck, Manuela Loos and Leo Meyer (Eds.) Cambridge

University Press, UK. 431 pages.

(10) Abanades JC et al, op. cit.

(11) Ragden P et al. *Technologies for CO₂ Capture and Storage, Summary*, Federal Environmental Agency, Berlin, Germany, 2006.

(12) Rubin et al., in B. Metz, op. cit., cité par Greenpeace, op. cit.

(13) AIE, "Greenhouse gas R & D program 2007, CO₂ capture ready plants", 2007/4, mai 2007.

(14) German Aerospace Center, "Ecological, Economic and Structural Comparison

of Renewable Energy Technologies (RE), with Carbon Capture and Storage (CCS), An Integrated approach", avril 2008, voir page 147, tableau 12-6. Rapport disponible sur http://www.bmu.de/english/renewable_energy/downloads/doc/41872.php

(15) Greenpeace, op. cit.

(16) Greenpeace, op. cit.

(17) Kharaka YK, Cole DR, Hovorka Sd, Gunter WD, Knauss KG and Freifeld BM. "Gas-water-rock interactions in Frio formation following CO₂ injection : Implications for the storage of greenhouse gases in sedimentary basins." *Geology* 2006, 34, 577-80.

(18) Ho MW, Bunyard P, Saunders PT, Bravo E and Gala R. *Which Energy ? ISIS/TWN Energy Report*, London & Penang, 2006.

(19) Greenpeace, op. cit.

(20) US DOE, FY 2009, Congressional budget Request, février 2008, cité par Greenpeace.

(21) PNUD, "Avoiding dangerous climate change : strategies for mitigation", Human development report, 2007/2008.