

La capture et le stockage du CO₂

Contact Presse :

Jérôme Chambin

Tél. : 01 47 54 24 35, Fax : 01 47 54 74 42

Service de presse

23 rue Philibert-Delorme

75840 Paris Cedex 17

e-mail : jerome.chambin@gazdefrance.com

Sommaire



Fiche 1 :

Changement climatique et effet de serre 3

- L'effet de serre 3
- Les engagements internationaux 3
- L'engagement de Gaz de France 4



Fiche 2 :

La capture, le transport et le stockage de CO₂ 6

- Les solutions techniques de réduction des émissions de CO₂ 6
- Présentation de la chaîne capture transport stockage du CO₂ 6
 - Procédés de capture 6
 - Transport 7
 - Stockage géologique 7



Fiche 3 :

Les projets de capture et stockage de CO₂ de Gaz de France 9

- CASTOR 9
 - Objectifs 9
 - Partenaires 9
 - Budget 10
- K12B 11
 - Contexte 11
 - Schéma de principe 11
 - Un découpage en 3 phases 12
 - Perspectives 12
- SNØHVIT 13
- RECOPOL 13

Changement climatique et effet de serre

L'effet de serre

Les experts climatiques s'accordent aujourd'hui pour dire que l'activité humaine contribue à l'augmentation de l'effet de serre, notamment par le recours croissant aux énergies fossiles.

La concentration en CO₂ dans l'atmosphère est passée de 280 ppm (parties par million) avant le début de l'ère industrielle à environ 370 ppm aujourd'hui, et pourrait, en l'absence d'efforts de réduction, dépasser les 700 ppm en 2100¹.

Cette augmentation de la concentration en CO₂ s'accompagne d'une augmentation de la température et d'une élévation du niveau de la mer liée à la fonte des glaces. Depuis l'ère industrielle, on observe en moyenne une montée de la température de 0,6°C et de la mer de 10 à 20 cm.

Si rien n'est fait pour réduire nos émissions, les experts prévoient pour 2100 une augmentation moyenne de la température de 2 à 6 °C et une élévation du niveau de la mer pouvant aller jusqu'à 90 cm.

Les engagements internationaux

Ces dernières décennies ont vu naître une prise de conscience internationale en matière d'environnement. Pour limiter le réchauffement de la planète, une Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) a été signée à Rio lors du Sommet de la Terre en 1992 par la plupart des pays présents. L'objectif de cette convention est de stabiliser les gaz à effet de serre (GES) à un niveau qui empêcherait des changements dangereux du climat et de protéger notre environnement.

En 1997, les négociateurs réunis à Kyoto au Japon pour la troisième conférence des Parties (COP 3) ont pris des engagements (le Protocole de Kyoto) visant à rendre la convention opérationnelle. Ce protocole impose aux pays développés une réduction mondiale de 5,2 % des émissions de gaz à effet de serre entre 2008 et 2012 (première période d'engagement), sur la base du niveau des émissions observées en 1990. Pour cela, chaque pays s'est vu attribuer un quota d'émission, qui correspond à des tonnes équivalentes de CO₂ qu'il pourra émettre chaque année.

Pour aider les pays à réduire leurs émissions, le protocole propose trois mécanismes de flexibilité :

- Le mécanisme de développement propre (CDM) : un pays industrialisé obtient des « crédits certifiés de réduction » en investissant dans des projets de réduction des émissions dans des pays en voie de développement.

¹ D'après les scénarios du GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat) ou IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change).

- Le mécanisme de mise en oeuvre conjointe (JI) : un pays industrialisé obtient des « *unités de réduction des émissions* » en investissant dans des projets de réduction d'émissions dans un autre pays développé.
- Le marché de permis d'émissions : une fois les permis alloués aux pays redistribués aux entreprises, ces dernières peuvent soit réduire leurs émissions pour atteindre l'objectif fixé par leurs quotas, soit acheter des permis supplémentaires sur le marché des permis d'émissions. Une entreprise qui émet en dessous du seuil qui lui est imposé peut décider de revendre sur ce même marché ses quotas superflus. De tels échanges peuvent également avoir lieu entre pays.

Pour entrer en vigueur, le protocole devait être ratifié par au moins 55 pays responsables de 55% des émissions en 1990. Suite à la ratification par la Russie, le Protocole de Kyoto est entré en vigueur le 16 février 2005.

L'engagement de Gaz de France

L'engagement de Gaz de France dans le développement durable est représentatif des valeurs et des principes auxquels le Groupe est attaché et qui guident son action au service de ses clients. Dans ce cadre, les équipes de Gaz de France se sont mobilisées autour de la problématique de l'effet de serre, indissociable de la consommation d'énergie.

Gaz de France a mis en place un programme d'action visant à développer des solutions d'efficacité énergétique, de complémentarité entre le gaz naturel et les énergies renouvelables, et à développer la géothermie, la cogénération, les véhicules au Gaz Naturel Véhicule (GNV).

Gaz de France, qui émet du CO₂ et du CH₄ (méthane), a suivi de près les débats relatifs aux limitations des émissions de gaz à effet de serre. Et avant même que l'Union européenne n'ait ratifié le Protocole de Kyoto, l'entreprise a décidé d'investir 5 millions d'euros dans le développement du Fonds Prototype Carbone pour le développement de projets de réduction des émissions de gaz à effet de serre suivant les recommandations contenues dans le Protocole de Kyoto. Par ailleurs, dès 2002 et avant l'adoption de la Directive européenne sur les quotas d'émission, Gaz de France s'est engagé volontairement au sein de l'AERES², pour limiter et réduire la croissance des ratios d'émission de ses activités industrielles.

² AERES : Association des Entreprises pour la Réduction de l'Effet de Serre.



L'investissement de Gaz de France dans le Fonds Prototype Carbone

En 2000, 23 investisseurs ont créé, suivant une proposition de la Banque Mondiale, un fonds d'investissement. Ce fonds est constitué de 6 Etats (Canada, Hollande, Norvège, Japon, Finlande, Suède) et de 17 investisseurs privés, banques ou grands industriels - Gaz de France, Deutsche Bank et RWE (Allemagne), Tractebel (Belgique), Tepco et d'autres électriciens japonais, Statoil et Norsk Hydro (Norvège), Fortum (Finlande) BP-Amoco (UK), RaboBank (Hollande). La Banque Mondiale (Bird) sert d'intermédiaire, de gestionnaire du Fonds. Environ 28 projets seront développés sur une quinzaine d'années dans 25 pays et permettront d'éviter l'émission de près de 70 millions de tonnes de CO₂, pour un financement total de 180 millions de dollars.

L'objectif est triple :

- promouvoir le développement des technologies réduisant les émissions de gaz à effet de serre (GES) : énergies renouvelables, économies d'énergie, puits de carbone,
- rassembler des Etats et des industriels pour encourager la mise en œuvre du protocole de Kyoto,
- démontrer la volonté des partenaires du Fonds d'aider les pays en développement à bénéficier des technologies propres, en faveur du développement durable.

Capture, transport et stockage du CO₂

Solutions techniques de réduction des émissions de CO₂

Il existe trois types de solutions techniques pour réduire les émissions de CO₂ industriel, généralement mises en œuvre en parallèle :

- La maîtrise de l'énergie, avec l'amélioration des rendements énergétiques et l'utilisation rationnelle de l'énergie,
- L'évolution du « mix » énergétique, avec le remplacement des combustibles à forte teneur en carbone (charbon, pétrole) par des combustibles à teneur en carbone réduite (tel que le gaz naturel) et le recours aux énergies non-émettrices de CO₂ (telles que les énergies renouvelables),
- La gestion du cycle du carbone, avec l'amélioration de la gestion des stocks naturels de carbone (augmentation des puits naturels de carbone ou séquestration biologique : forêts, sols) et le développement des techniques industrielles de capture et de stockage des rejets de CO₂.

Cette dernière voie inclut le stockage géologique du CO₂, filière largement étudiée depuis quelques années au niveau international, surtout aux Etats-Unis et au Japon. Le principe consiste à capter le CO₂ à son point d'émission (centrale électrique, cimenteries, aciérie ...), de le concentrer et le transporter vers un site géologique adéquat pour son stockage. Pour cela, des technologies pour capturer et stocker du CO₂ sont d'ores et déjà disponibles.

Le stockage géologique est *a priori* adaptée aux sources importantes de CO₂ qui représentent environ un tiers des émissions en France. Cette technologie est complémentaire des puits biologiques qui sont adaptés aux sources d'émissions diffuses (transports, habitat...).

Les étapes de capture transport stockage du CO₂

- Procédés de capture

Le problème principal de la récupération du CO₂ issu des effluents gazeux est en général sa faible concentration pouvant varier, dans les fumées et selon le type de procédé, de quelques pour cents à environ 20 %. Plusieurs techniques sont alors possibles pour piéger le CO₂ émis par une combustion : la capture post-combustion (traitement des fumées où les concentrations en CO₂ sont faibles), la décarbonation pré-combustion (combustion d'hydrogène produit à partir de gaz naturel ou de combustibles solides et capture du CO₂) et l'oxycombustion (combustion à l'oxygène).

Il existe un grand nombre de procédés disponibles industriellement, chacun ayant un domaine d'application spécifique (composition, température et/ou pression des fumées...).

Les coûts de la capture du CO₂ dépendent *a priori* de la composition des effluents (combustible utilisé, excès d'air...), du volume d'effluent à traiter (puissance de l'installation) et du type d'installation. Quelques analyses économiques ont été réalisées, généralement dans le cadre d'unités de production d'électricité : les coûts de capture du CO₂ (y compris compression initiale du CO₂) varient entre 30 et 60 €/t de CO₂ pour une centrale thermique de 500 MW.

- Transport

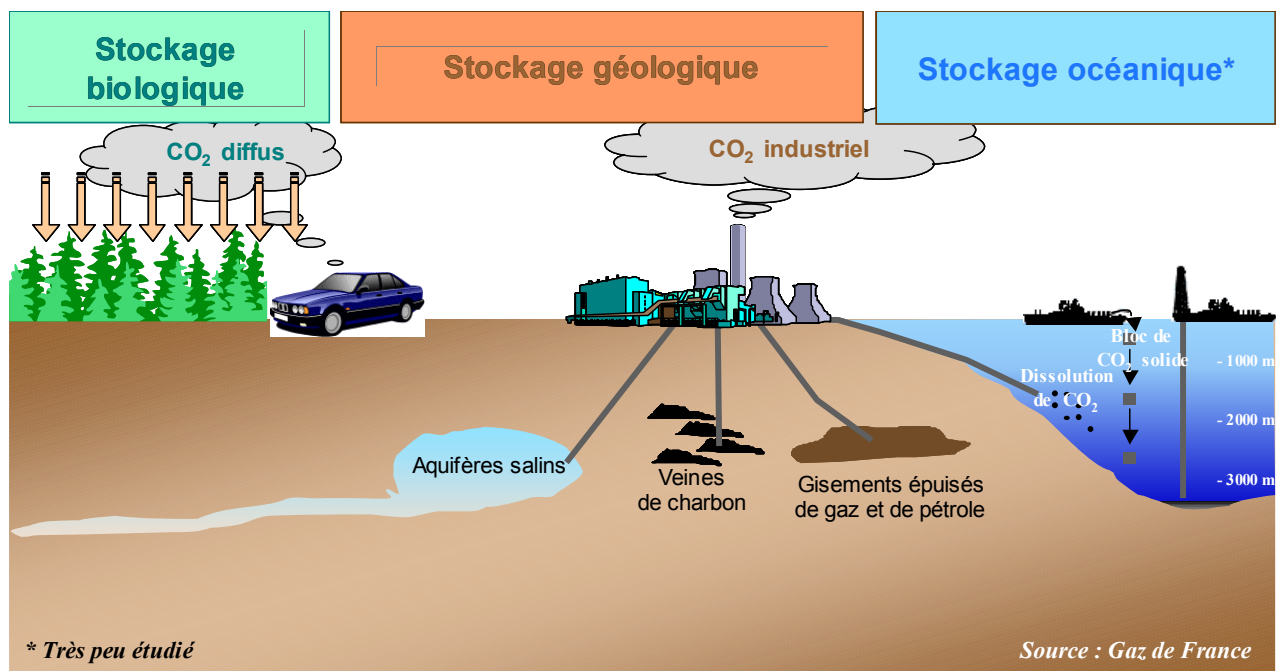
Le mode de transport du CO₂ le plus pratique reste le transport par gazoducs. Il fait appel à des technologies relativement bien connues, et est actuellement employé aux Etats-Unis où plus de 1 000 km de pipelines sont installés pour le transport de dioxyde de carbone utilisé pour la production assistée d'hydrocarbure.

Le coût du transport en grande quantité de CO₂ est d'environ 2 à 7 €/t de CO₂ par 100 km de gazoducs.

Des navires peuvent également être utilisés pour transporter le CO₂ sous forme liquide sur de longues distances : ces bateaux ont des caractéristiques proches de ceux utilisés pour le transport du Gaz de Pétrole Liquéfié (GPL).

- Stockage géologique

Plusieurs options sont envisageables pour le stockage du CO₂ : utilisation de réservoirs souterrains naturels (réservoirs épuisés de pétrole et de gaz, gisements houillers non exploitables, aquifères salins et cavités salines) ou le stockage dans les océans³.



³ Le stockage dans les océans, essentiellement étudié aux Etats-Unis et au Japon, fait l'objet de nombreux débats, notamment en raison de l'incertitude concernant l'impact sur la vie sous-marine (via l'acidification de l'eau lié à la présence de CO₂ et pouvant modifier l'écosystème sous-marin).

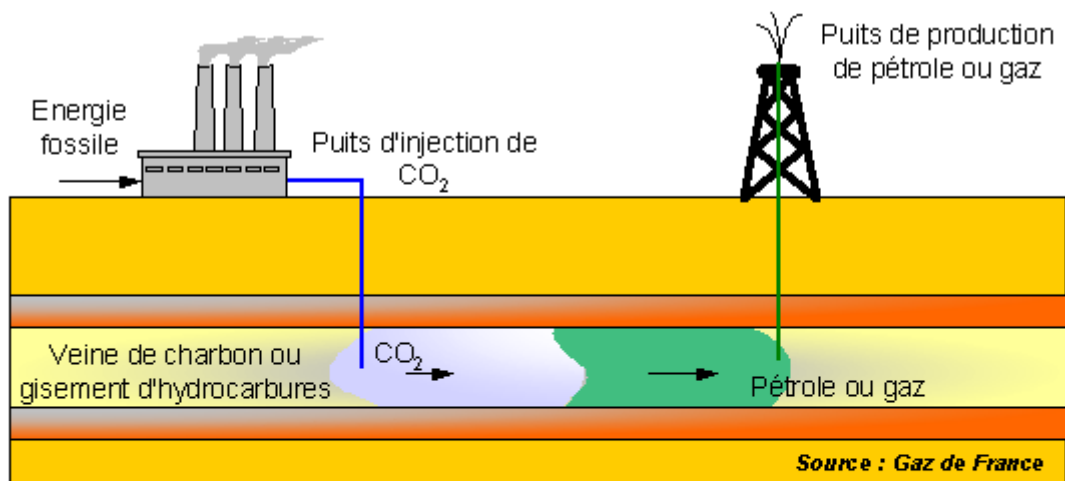
Les gisements de pétrole et de gaz naturel épuisés représentent un potentiel de stockage estimé entre 500 et 2 000 milliards de tonnes de CO₂, pour un coût de stockage estimé à quelques euros par tonne de CO₂.

Dans le cas de l'injection en nappe aquifère saline, la fourchette est encore plus large : de 320 à 10 000 milliards de tonnes de CO₂. Cette solution est expérimentée depuis plusieurs années sur le site de *Sleipner* en Mer du Nord Norvégienne, où un million de tonnes de CO₂ sont injectées annuellement.

Dans certains cas, le dioxyde de carbone pourrait être valorisé. Une solution consiste à coupler valorisation et stockage géologique du dioxyde de carbone en injectant le CO₂ en appui à une opération de récupération assistée de pétrole (EOR ; *Enhanced Oil Recovery*) ou la récupération assistée du gaz naturel dans les veines de charbon non exploitables (ECBM ; *Enhanced Coalbed Methane*) et dans les gisements de gaz naturel (EGR ; *Enhanced Gas Recovery*), option émergente, dont le potentiel n'est pas encore évalué à l'heure actuelle. Cependant, les possibilités de valoriser ainsi le CO₂ apparaissent encore limitées (quelques milliards de tonnes par an).

Le coût associé à la mise en place d'un site de stockage dépend fortement du type de réservoir envisagé. Ces coûts (stockage seul) peuvent aller de quelques euros par tonnes de CO₂ à 20 euros/t de CO₂ voire plus (cas d'une injection dans un aquifère offshore).

Principe de valorisation de la capture stockage du CO₂



Les projets de capture et stockage de CO₂ de Gaz de France

Un projet Européen : CASTOR

▪ Objectifs

Proposé dans le cadre du 6ème Programme Cadre de Recherche et de Développement (PCRD) de l'Union Européenne, le projet CASTOR (CO₂, de la Capture au Stockage) s'intéresse à la capture du CO₂ dans des fumées de combustion mais également à son stockage géologique.

L'objectif principal du projet est de réduire de moitié les coûts de la capture du CO₂ dans les fumées, pour passer de 40-60 euros par tonne de CO₂ à 20-30 euros par tonne de CO₂. Des travaux visant à développer, tester et optimiser de nouveaux procédés vont être menés par les partenaires.

Afin de valider les résultats obtenus en laboratoire, une unité pilote de capture a été construite sur le site de la centrale thermique au charbon de Esbjerg, opérée par Elsam au Danemark. Même si elle ne traite qu'une partie des fumées de la centrale thermique, cette installation, opérationnelle depuis le début 2006, est à ce jour une des plus grosses installations de ce type au monde (capture de 1 tonne de CO₂ à l'heure).

Dans le domaine du stockage géologique du CO₂, le projet CASTOR a pour objectif de développer et d'appliquer une méthodologie de sélection et d'évaluation des sites de stockage. Dans cet objectif, le projet étudie quatre types de stockages souterrains en Europe :

- un gisement pétrolier opéré par Repsol, au large des côtes nord-est de l'Espagne (gisement de Casablanca) dans lequel Repsol envisage d'injecter 500 000 tonnes de CO₂ par an.
- un aquifère salin profond en mer du Nord (sur le site de Snøhvit opéré par Statoil et dans lequel Gaz de France est également partenaire). 750 000 tonnes de CO₂ devraient être injectés annuellement à partir de 2007.
- un gisement de gaz en voie d'épuisement opéré par Rohoel AG, au Nord de l'Autriche (gisement de l'Atzbach-Schwanenstadt).
- un gisement de gaz en voie d'épuisement opéré par Gaz de France en mer du Nord hollandaise (gisement K12-B).

- Partenaires

Piloté par l'Institut Français du Pétrole, le projet CASTOR regroupe 30 partenaires privés et publics de onze pays :

Industrie

Statoil (Norvège),
Gaz de France,
Eni Technologie (Italie),
Repsol (Espagne),
Rohoel (Autriche),
Vattenfall (Suède),
Elsam (Danemark),
Energi-E2 (Danemark),
RWE Power (Allemagne),
PPC (Grèce),
PowerGen (Grande- Bretagne),
Alstom Power Centrales (France),
Mitsui Babcock (Grande-Bretagne),
Siemens AG (Allemagne),
BASF (Allemagne),
GVS (Italie).

Centres de R&D

IFP (France),
TNO (Pays-Bas),
SINTEF (Norvège),
SINTEF Energy (Norvège),
SINTEF Petroleum (Norvège),
BGS (Grande-Bretagne),
BGR (Allemagne),
BRGM (France),
GEUS (Danemark),
OGS (Italie).

Universités

NTNU (Norvège),
Imperial College (Grande-Bretagne),
Université de Stuttgart (Allemagne),
Université de Twente (Pays-Bas).

- Budget

Le budget total du projet est de 15,8 millions d'euros pour une durée de 4 ans (débuté en février 2004) avec une contribution européenne de 8,5 M€.

Stockage dans un gisement d'hydrocarbure : K12-B

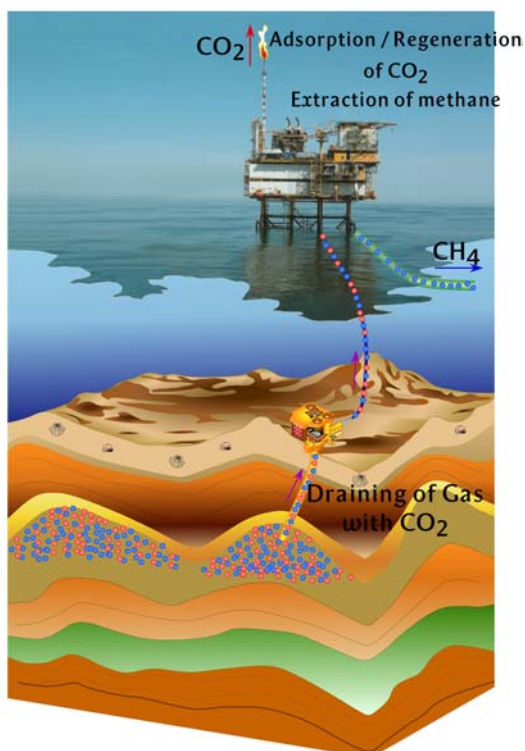
■ Contexte

Découvert en 1981, le gisement de gaz naturel K12-B, situé à 70 km au Nord-Ouest d'Amsterdam à 3800 mètres sous le niveau de la mer, est exploité depuis 1987 par ProNed, filiale d'exploration-production de Gaz de France. La forte teneur (13 %) en CO₂ du gaz produit par ce gisement a nécessité d'installer une unité de traitement sur la plate-forme pour rendre le gaz commercialisable. Jusqu'à début 2004, le CO₂ retiré était rejeté à l'atmosphère. Ce champ de gaz est aujourd'hui presque épuisé.

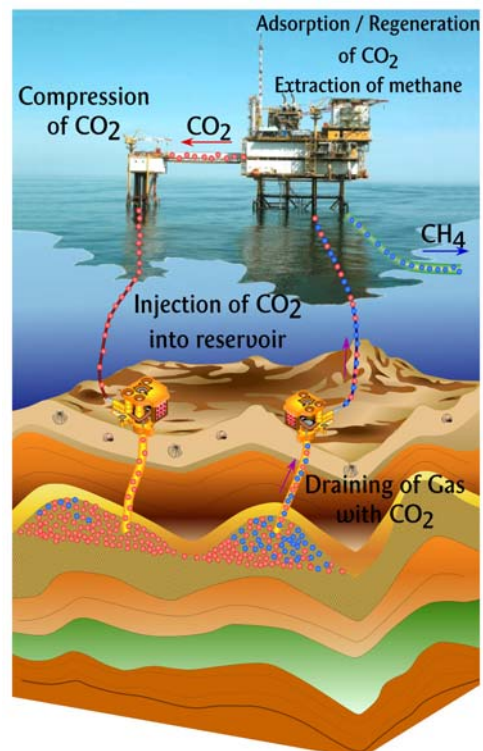
Le site a été retenu début 2002 parmi 3 propositions à l'issue d'un appel à projets lancé par le ministère de l'Economie hollandais dans le cadre de son programme national CRUST (CO₂ ReUse through Underground Storage).

La capacité estimée du réservoir est de 8 Mt de CO₂, à un taux d'injection de l'ordre de 400 000 t/an, soit 20 ans d'opération et l'équivalent d'environ 0,5 % des émissions industrielles hollandaises.

■ Schéma de principe



Avant expérimentation



Injection de CO₂

L'injection se fait par des puits existants.

- Un découpage en 3 phases

Etude de faisabilité :

réalisée en 2002-2003 et financée à 50% par NOVEM, l'équivalent de l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Environnement et à 50 % par le programme de recherche de la Direction Exploration-Production de Gaz de France (total 55k€). Elle a pris en compte les aspects de pré-requis matériels, le comportement simulé du réservoir, les contraintes légales, réglementaires et sociales, ainsi que les aspects de sécurité, de surveillance et d'environnement. Rapport disponible sur le site www.co2-reductie.nl

Pilote d'injection :

débutée en mai 2004, après installation du compresseur de CO₂. Coût environ 22€/T de CO₂. Financement à 90 % par le gouvernement néerlandais et à 10 % (220 k€) par Gaz de France. Un premier test d'injection (mai 2004-déc 2004), dans un bloc déplété isolé de la formation principale, a permis de vérifier les principes d'injectivité et d'étanchéité. Depuis mars 2005, le second test d'injection, dans un bloc encore en production, vise à suivre la progression du CO₂ injecté, grâce aux puits de contrôle disponibles et à mettre en évidence un éventuel gain en récupération de méthane.

Phase industrielle ultérieure :

mise en production parallèle de champs de gaz à forte teneur en CO₂ en coopération avec d'autres opérateurs. Potentiel d'injection : 480 000 t/an de CO₂ à 8€/t . Investissements nécessaires de l'ordre de 20M€ soit avec les frais d'exploitation environ 4M€/an. Ceci permettrait de couvrir 10 % des objectifs de réduction des émissions néerlandaises de CO₂, l'objectif contenu dans le protocole de Kyoto étant 6 % de réduction entre 1990 et 2010.

- Perspectives

Les résultats du second test d'injection sont en cours d'interprétation :

Dans le cadre du programme de recherche européen CO2GEONET rassemblant des experts européens en géosciences, pour l'analyse des observations sur les traceurs.

dans le cadre du programme de recherche européen CASTOR (et du programme fondateur CRUST), pour l'analyse du potentiel de stockage et des éventuels gains de production.

Outre le projet de Gaz de France sur le gisement K12-B en mer du Nord hollandaise, BP et Statoil injectent le CO₂ issu du traitement du gaz des gisements en périphérie du champ de Krechba sur la concession de In Salah (Algérie) . Gaz de France étudie ce procédé pour ses champs en cours d'exploration du Sud algérien et pour le gisement bientôt épuisé d'Altmark (Allemagne) dont il est opérateur.

Stockage dans des nappes aquifères : SNØHVIT

Sur le gisement de gaz norvégien de Sleipner exploité par Statoil, le CO₂ extrait de la production est injecté dans un niveau situé au-dessus du réservoir. Un puits horizontal dédié permet depuis 1996 le stockage de près de 1 million de tonnes/an.

Un projet similaire pour le gisement de gaz norvégien de Snøhvit en mer de Barents et auquel participe Gaz de France est en cours d'étude pour un démarrage en 2007.

Stockage dans des veines de charbon : Projet Recopol

Une injection pilote a été réalisée en Pologne dans le cadre du projet européen RECOPOL pour vérifier la faisabilité de l'injection de CO₂ dans des veines de charbon, en combinant le stockage de CO₂ avec la production de gaz de houille, limitant ainsi le coût de la séquestration. Le principal obstacle réside dans la perméabilité des charbons, pas toujours suffisante pour garantir des conditions d'injection optimales du CO₂.