

## Les **recherches** en matière de **technologies de captage et de stockage géologique du CO<sub>2</sub>**

### Une technologie candidate pour les politiques d'atténuation

Parmi l'ensemble des leviers sur lesquels on peut agir pour infléchir la croissance des émissions anthropiques mondiales de gaz à effet de serre (GES), trois ciblent la production et la consommation d'énergies fossiles. Ces dernières sont responsables, à l'échelle mondiale, d'environ 70 % des émissions anthropiques de GES.

Ces trois leviers sont : **l'amélioration de l'efficacité énergétique** des procédés industriels et des usages domestiques (ex : éclairage, chauff-

fage, cuisson), **l'utilisation de sources d'énergie non émettrices de GES** (ex : énergies renouvelables et énergie nucléaire pour la production d'électricité et/ou de chaleur) et enfin **le piégeage du CO<sub>2</sub> et son stockage** afin d'éviter son émission dans l'atmosphère.

À ce jour, ces trois leviers ne sont pas au même niveau de maturité technologique. Par exemple, du côté de l'efficacité énergétique, de nombreuses options sont d'ores et déjà disponibles pour le bâtiment (ex : double ou triple vitrage, isolants performants, ampoule basse consommation et bientôt Del<sup>1</sup>). La situation est plus critique dans les transports où une part importante des gains de rendement réalisés par les motoristes est absorbée par la hausse du poids des véhicules et l'allongement des distances parcourues<sup>2</sup>.

1. Diodes électro-luminescentes.

2. Phénomène connu sous le nom « d'effet rebond ».

**La lettre ADEME & vous - Recherche est une lettre d'information régulière**

destinée à la communauté scientifique (laboratoires, entreprises, collectivités territoriales...) et également aux décideurs. Il s'agit, à travers ce support, de faire connaître le travail de recherche et développement et d'innovation de l'ADEME, de promouvoir ses résultats et de vulgariser les connaissances.

Du côté du piégeage du CO<sub>2</sub>, l'une des voies envisagées consiste à séparer le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) avant ou après la combustion, à le transporter dans un lieu de stockage et à l'isoler de l'atmosphère pendant une longue période<sup>3</sup>. L'ensemble de cette chaîne s'appelle le **captage et le stockage du CO<sub>2</sub>**.

## Un vaste potentiel mais un champ d'application restreint

Dans l'état actuel des connaissances, cette option d'atténuation des émissions de CO<sub>2</sub> ne s'appliquerait qu'aux sources fixes d'émission (ex : installation de production d'électricité à partir d'énergies fossiles ou de biomasse, sites industriels tels que les cimenteries, les raffineries ou les installations sidérurgiques). Aujourd'hui, ces sources fixes d'émissions représentent environ 60 % des émissions mondiales de CO<sub>2</sub> et 40 % des émissions anthropiques de GES<sup>4</sup>.

Lorsqu'on se projette aux horizons 2020 et 2050, l'un des résultats communs à la quasi-totalité des scénarios d'abattement des émissions est que le captage et le stockage géologique du CO<sub>2</sub> seront d'autant plus intéressants, voire incontournables, que le nombre de sources fixes d'émissions à forte teneur en CO<sub>2</sub><sup>5</sup>, qui se prêtent techniquement bien à la capture et au stockage du CO<sub>2</sub>, sera important.

## Les objectifs de la recherche

*Pour le confort de lecture, les termes techniques (repérés par un astérisque) nécessaires à l'exposé de ces recherches, sont définis à la fin de cette lettre.*

Outre les questions d'acceptation sociale (voir l'encadré sur le captage et le stockage du CO<sub>2</sub> vu par les citoyens page 3) et le cadre juridique et politique à définir, la généralisation de la mise en œuvre des technologies de captage, transport et stockage du CO<sub>2</sub> nécessite des efforts de R & D. Les principaux objectifs sont notamment de rendre le captage du CO<sub>2</sub> moins coûteux et de garantir la maîtrise du stockage géologique sur le long terme.

Aujourd'hui, les recherches conduites en France concernent toute la chaîne « captage, transport et stockage du CO<sub>2</sub> ». L'horizon de temps envisagé pour une diffusion industrielle des technologies de capture est 2015-2020 et ce sont surtout les sites émettant plus de 100 000 tonnes de CO<sub>2</sub> par an qui sont ciblés.

Du côté du captage, un grand nombre de procédés existent. On peut les classer en trois catégories : captage en postcombustion (séparation du CO<sub>2</sub> des fumées de combustion), captage par oxycombustion (combustion à l'oxygène pur pour concentrer le CO<sub>2</sub> dans les fumées produites), captage en précombustion (transformation du combustible primaire en hydrogène via la production de gaz de synthèse et la séparation du CO<sub>2</sub> généré).

L'enjeu de la recherche est essentiellement de réduire la pénalité énergétique\* liée à l'utilisation des procédés de captage<sup>6</sup> et d'en réduire le coût, qui représente aujourd'hui environ 70 % des coûts de la chaîne captage, transport et stockage géologique du CO<sub>2</sub>. L'objectif est ainsi d'abaisser les coûts de captage d'un facteur 2 à 3 (de 50-60 €/tonne de CO<sub>2</sub> évitée à environ 20-30 €/tonne de CO<sub>2</sub> évitée). Pour cela, différentes pistes de travail sont étudiées comme le développement de procédés de captage économes en énergie (ex : nouveaux solvants\*) ou l'intégration énergétique\* des procédés de captage dans les installations de production d'électricité ou les procédés industriels (voir l'encadré sur le projet *éCO<sub>2</sub>* page 4).

Du côté du stockage, des travaux de recherche sont nécessaires pour disposer de méthodes normalisées d'évaluation des capacités de stockage et de comptabilisation du gaz injecté, ainsi que pour assurer le confinement du gaz injecté afin de minimiser le taux de fuite. Il s'agit en effet de garantir la sécurité des sites de stockage sur de longues périodes (plusieurs siècles).

Les actions de R & D visent à améliorer les technologies existantes mais des ruptures technologiques sont également attendues (nouvelles techniques de combustion, nouveaux matériaux,

## Focus

### Un potentiel technico-économique ouvert

Dans le rapport spécial du GIEC sur les scénarios d'émission, les futurs rejets de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère sont analysés selon plusieurs scénarios. Ainsi, les émissions mondiales vont de 29 à 44 GtCO<sub>2</sub> par an en 2020 et de 23 à 84 GtCO<sub>2</sub> en 2050<sup>1</sup>.

Étant donné ces fourchettes d'émission, le GIEC estime que le captage et le stockage du CO<sub>2</sub> pourraient porter sur 2,6 à 4,9 GtCO<sub>2</sub> en 2020 et sur 4,7 à 37,5 GtCO<sub>2</sub> en 2050. Ces chiffres

représentent respectivement 9 % à 12 % des émissions prévues en 2020 et 21 % à 45 % de celles de 2050. L'ampleur des fourchettes traduit, d'une part, l'incertitude inhérente aux scénarios d'évolution des émissions, d'autre part, l'incertitude relative à l'évolution des performances techniques des systèmes de capture et de stockage ainsi qu'aux éventuelles restrictions réglementaires, environnementales ou sanitaires liées à son emploi.

1. Aujourd'hui, les émissions mondiales de CO<sub>2</sub> sont proches de 25 GtCO<sub>2</sub>.

3. Compte tenu de la durée de vie des différents gaz à effet de serre dans l'atmosphère et de l'inertie du système climatique, il est admis, par la majorité des experts, que le CO<sub>2</sub> capturé devra être stocké pendant au moins 500 ans, afin de pouvoir jouer tout son rôle dans le processus de stabilisation des concentrations de GES dans l'atmosphère.

4. Source : GIEC 2005. Piégeage et stockage du dioxyde de carbone.

5. La teneur en CO<sub>2</sub> des émissions est considérée comme « bonne » du point de vue des procédés de capture du CO<sub>2</sub> lorsqu'elle est au minimum de 15 %.

6. Les études passées en revue par le GIEC dans le cadre de son rapport spécial sur le captage et le stockage du CO<sub>2</sub> indiquent qu'en moyenne la pénalité énergétique est comprise entre 11 % et 22 % pour les centrales au gaz à cycle combiné\*, de 14 % à 25 % pour les centrales au charbon avec gazéification intégrée\* et de 24 % à 40 % pour les centrales au charbon pulvérisé supercritique\*.

# Focus

## Le captage et le stockage du CO<sub>2</sub> vu par les citoyens<sup>1</sup>

Si 34 % des Français ont entendu parler du stockage géologique du CO<sub>2</sub>, seulement 12 % d'entre eux déclarent savoir de quoi il s'agit et 6 % apportent une réponse exacte à la question : « Selon vous, en quoi consiste le stockage géologique du CO<sub>2</sub> ? » Lorsqu'on leur explique le principe du stockage géologique, 59 % des sondés se déclarent a priori favorables à l'utilisation de ce procédé en France.

En revanche, une fois exposés les risques potentiels de cette technologie (ex : fuite de CO<sub>2</sub>, possibilité de mouvement de terrain, pollution des

eaux), les doutes s'accroissent et ils ne sont plus que 9 % à estimer que les incertitudes sur les effets du stockage seront suffisamment maîtrisées et 63 % à trouver ces incertitudes inquiétantes et à souhaiter que les recherches soient approfondies. De plus, 61 % des sondés estiment que le stockage du CO<sub>2</sub> risque d'être une excuse pour ne pas modifier nos modes de productions énergétiques.

Ce sondage confirme la nécessité d'informer le grand public sur le procédé et notamment sur les travaux de recherche réalisés pour assurer la sécurité du stockage du CO<sub>2</sub>.

1. Sondage, conçu par le CIREC dans le cadre des programmes CO<sub>2</sub> de l'ANR (projet SOCECO2) et de l'ADEME (projet METSTOR) et mené par TNS - SOFRES. L'étude complète est disponible sur le site du CIREC : [www.centre-cired.fr/forum/article516.html](http://www.centre-cired.fr/forum/article516.html).

## Maturité des différentes composantes des procédés de captage et stockage du CO<sub>2</sub>

Étapes	Techniques	Maturité technologique
Capture	Postcombustion <sup>*1</sup>	Réalisable <sup>2</sup>
	Précombustion*	Réalisable
	Oxycombustion*	Démonstration <sup>3</sup>
Transport	Gazoducs	Maturité <sup>4</sup>
	Navires	Réalisable
Stockage géologique	Récupération assistée du pétrole*	Maturité
	Champs de gaz naturel ou de pétrole	Réalisable
	Formations salines	Réalisable
	Récupération assistée du méthane* dans une couche de houille	Démonstration
Carbonatation minérale*	Silicates naturels	Recherche <sup>5</sup>
	Déchets	Démonstration

1. Rappel : les mots ou expressions suivis d'une étoile « \* » sont définis dans le glossaire inséré à la fin de cette lettre.

2. Dans la terminologie du GIEC, « réalisable » signifie que la technique est bien comprise et employée pour des applications commerciales choisies (ex : créneaux déterminés, régime fiscal favorable) où l'on traite au moins 0,1 MtCO<sub>2</sub>/an avec peu de répliques (moins de 5) de la technique.

3. Situation dans laquelle la technique est conçue et exploitée à l'échelle d'une unité pilote, mais exige un développement complémentaire avant de pouvoir servir à l'élaboration et à la mise en place d'un système à grande échelle.

4. Situation dans laquelle la technique est actuellement appliquée de par le monde avec de multiples répliques à l'échelle commerciale.

5. Situation dans laquelle les principes scientifiques de base sont bien compris, mais où la technique en est à l'étape d'étude de définition ou des essais en laboratoire et n'a pas fait l'objet d'une démonstration dans une unité pilote.

Source : Inspiré de GIEC 2005 : Piégeage et stockage du dioxyde de carbone.

7. Un total 9 projets ont été financés dans le cadre du 5<sup>e</sup> PCRDT. Sur ces 9 projets, 2 portaient sur la capture (AZEP et GRACE pour 5,5 millions d'euros), 6 sur le stockage et la surveillance du stockage (GESTCO, CO2STORE, NASCENT, RECOPO, WEYBURN pour 9,1 millions d'euros) et 1 sur la constitution d'un réseau thématique (CO2NET pour 1,4 million d'euros).

8. Ici le terme naturel fait référence aux faits qu'il n'y a eu aucune intervention humaine pour modifier ce processus de stockage.

nouvelles techniques de séparation de gaz, développement de techniques de surveillance des stockages géologiques...). Dans ce contexte, l'ADEME poursuit son rôle d'animation au sein du Club CO<sub>2</sub>, assure le financement d'études à caractère technico-économique et soutient le développement de procédés industriels.

Enfin, le déploiement des procédés de captage et de stockage géologique du CO<sub>2</sub> nécessite également des travaux de recherche à caractère socio-économique, notamment pour comprendre l'acceptabilité sociale de cette technologie et faire évoluer les mécanismes de régulation (ex : marché de quotas\*, mécanismes de développement propre\*) afin de les rendre compatibles avec le déploiement de cette technologie.

## Une maturité technologique contrastée

Qu'il s'agisse du captage ou du stockage du CO<sub>2</sub>, des besoins de recherche et de démonstration sont nécessaires. En effet, ces différentes technologies ne sont pas toutes au même niveau de maturité. Comme le montre le tableau ci-contre, alors que certaines techniques de captage sont déjà au stade de la réalisation post- ou précombustion, d'autres sont encore au stade de la démonstration.

## Un effort européen de recherche structurant

Dès le 5<sup>e</sup> programme Cadre de recherche et développement technologique (1997-2001), la Commission européenne a financé des projets en lien avec le captage, le transport et le stockage géologique du CO<sub>2</sub>. Son soutien financier s'est élevé à environ 16 millions d'euros pour un investissement total de plus de 30 millions d'euros<sup>7</sup>. L'effort déployé lors du 5<sup>e</sup> PCRDT sur les problèmes de stockage et de surveillance du stockage, tout particulièrement dans les aquifères salins, a permis des avancées dans :

- l'identification des **potentiels de stockage dans les pays de l'Union** en fonction des différents types de formation géologique,
- l'étude des **mécanismes naturels<sup>8</sup> de stockage du CO<sub>2</sub>** dans les formations géologiques,
- l'étude des mécanismes qui pourraient **favoriser ou éviter le largage du CO<sub>2</sub> stocké** artificiellement dans des formations géologiques,
- l'étude du **devenir du CO<sub>2</sub> et de son nouveau réservoir** après injection.

Le 6<sup>e</sup> PCRDT (2002-2006) a poursuivi l'effort de recherche du 5<sup>e</sup> programme tout en introduisant deux différences notoires :

- l'**accent a été mis sur la capture** (postcombustion ou précombustion) et la **séquestration chimique ou minérale**,

• les moyens financiers ont été plus concentrés, puisque seulement 5 projets ont été déclarés éligibles, mais ils ont reçu un budget total de 35 millions d'euros (soit 7 millions d'euros en moyenne par projet, contre 1,7 dans le cadre du 5<sup>e</sup> PCRD)<sup>9</sup>.

Le 7<sup>e</sup> PCRD (2007-2013) contient également un axe de recherche intitulé « captage et stockage du CO<sub>2</sub> ». L'identification des thèmes de recherche prioritaires a été réalisée en étroite collaboration avec l'ensemble des acteurs européens majeurs de la filière, rassemblés au sein de la plateforme technologique européenne ZEFFPP, pour *Zero fossil fuel emission power plant*.

## Un effort français de recherche en forte croissance

Suite à la publication des rapports Chambolle et Gagnepain (2004), qui ont identifié le captage et le stockage géologique du CO<sub>2</sub> comme une technologie stratégique pour l'avenir de la France et de son industrie, l'ADEME et le RTPG<sup>10</sup> ont créé en 2005 un programme national renforçant les efforts de recherche déjà engagés. Ce programme a ensuite été repris et financé par l'ANR dès son premier appel à projets en 2005.

Sur la période 2005-2007, ce programme de recherche a poursuivi 4 objectifs :

- offrir des avancées et des ruptures technologiques permettant d'**abaisser de manière importante (division par 2) les coûts de la capture du CO<sub>2</sub>**, en vue d'une première mise en œuvre à l'échelle industrielle à partir de 2015 ;
- aboutir à des technologies et des méthodologies de mise en œuvre du stockage du CO<sub>2</sub>, permettant, **avant 2010, de préciser les règles relatives à l'implantation et à la surveillance de stockages souterrains de CO<sub>2</sub> de taille industrielle**, en ciblant en priorité les aquifères salins profonds ;
- de **préparer la réalisation des installations pilotes** qui devront permettre de capturer et de stocker des quantités importantes de CO<sub>2</sub> et qui serviront de vitrine du savoir-faire national en vue de faciliter l'exportation de biens et services ;
- de développer des savoir-faire adaptés aux conditions particulières de **marchés spécifiques à l'étranger**.

## L'ADEME : un animateur de la recherche...

Créé par l'ADEME en 2002, avec le BRGM et l'IFP, le Club CO<sub>2</sub> est un lieu d'échanges, d'information et d'initiatives entre ses membres dans le domaine des études, de la recherche et du développement technologique en matière de captage et de stockage du CO<sub>2</sub>. Il est présidé par François Moisan, directeur scientifique et directeur de la stratégie et de la recherche de l'ADEME. Ses membres sont AII (Agence de l'innovation industrielle), Air Liquide, Alstom, Arcelor Mittal, BRGM, CNRS et IGP (Institut de physique du globe de Paris), École des Mines de Paris, EDF, Gaz de France, Géostock, IFP, INERIS, Lafarge, POWEO, SAIPEM, Sarp Industries, Schlumberger, Soufflet, Suez, Total, Veolia et l'ADEME. Le Club se réunit quatre fois par an. Des groupes de travail sont ponctuellement constitués. Deux ont été mis en place : l'un a travaillé sur le thème du captage et du transport,

## Focus

### Le projet éCO<sub>2</sub>

Pour réduire la pénalité énergétique liée à l'installation d'un système de captage des émissions de CO<sub>2</sub>, trois voies sont envisageables : améliorer le rendement des centrales, améliorer l'efficacité énergétique des procédés de captage (pour la postcombustion) et de production d'oxygène (pour l'oxycombustion) ou intégrer le procédé de captage et la compression du CO<sub>2</sub> dans le procédé global.

Le projet éCO<sub>2</sub>, financé par l'ADEME et impliquant l'IFP et Alstom, s'attache à évaluer les opportunités offertes par cette dernière voie. Pour cela, les partenaires d'éCO<sub>2</sub> ont recherché les meilleures solutions d'intégration afin de minimiser la quantité d'énergie nécessaire au captage du CO<sub>2</sub>. En effet, dans le cas de la post-combustion, les

gains énergétiques liés à l'intégration du procédé de captage et de compression du CO<sub>2</sub> sont de l'ordre de 0,8 point de rendement. Dans le cas de l'oxycombustion, ces gains sont de l'ordre de 0,6 point de rendement. Il en résulte une perte de rendement liée au captage du CO<sub>2</sub> de 10,3 points de rendement, soit 23 %, pour le cas post-combustion, et de 8,3 points de rendement, soit 18 %, pour le cas oxycombustion, sur la base d'une centrale de référence d'environ 45 % de rendement.

Aujourd'hui, les partenaires d'éCO<sub>2</sub> poursuivent le projet en étudiant les gains énergétiques liés à une intégration plus poussée qui se matérialiserait, par exemple, par des modifications de la chaudière et de la centrale.

### Les dépenses publiques françaises de R & D dans le domaine du captage et du stockage du CO<sub>2</sub> en millions d'euros

2002	2003	2004	2005	2006 (provisoire)
2,7	3,1	5,8	9,8	26,2

Source : Étude sur les dépenses publiques de recherche et développement pour l'énergie - mars 2007 DGEMP

9. Voir tableau ci-dessus qui présente les projets financés dans le cadre du 6<sup>e</sup> PCRD.

10. Réseau thématique pétrole et gaz.

l'autre sur le thème du stockage géologique. Les ministères (MEDAD, Industrie, Recherche) sont invités à participer aux réunions.

Ce Club n'est d'ailleurs pas seulement un lieu de discussion. Ses membres ont aussi été associés à l'élaboration de l'appel à projets sur les recherches en matière de captage et stockage du CO<sub>2</sub> lancé par l'Agence nationale de la recherche.

Les membres du Club CO<sub>2</sub> ont l'objectif, à l'horizon 2010, de valider un portefeuille technologique pouvant servir de support à des opérations de démonstration en condition semi-industrielle. Pour en savoir plus : [www.clubco2.net](http://www.clubco2.net).

## ...mais pas seulement

Dans ces orientations stratégiques de recherche 2007-2010, l'ADEME a identifié le captage et le stockage géologique du CO<sub>2</sub> comme **l'une de ses 10 priorités de recherche**.

Elle poursuit en cela l'effort déjà engagé depuis la fin des années 1990, qui s'était concrétisé en 2002 par le lancement d'un appel à projet intitulé « Procédés industriels d'enrichissement des flux gazeux en CO<sub>2</sub>, de capture, transport et stockage du CO<sub>2</sub> d'origine anthropique ». Les sujets éligibles devaient porter sur :

- de nouveaux procédés de capture du CO<sub>2</sub> économes en énergie (absorption chimique, physique ou mixte) ; adsorption ; procédés membranaires ; séparation cryogénique... ;
- des procédés d'enrichissement des flux gazeux en CO<sub>2</sub> visant à faciliter sa capture (oxycombustion, recyclage des fumées... ) ;
- L'optimisation du transport du CO<sub>2</sub> (transport terrestre, maritime ou par canalisations) ;
- Le stockage du CO<sub>2</sub> dans des gisements d'hydrocarbures épuisés, des aquifères, les océans...

L'ADEME a reçu neuf projets. Cinq projets

concernent le captage du CO<sub>2</sub>, un seul traite de son transport et les dossiers restants portent sur le stockage géologique.

À l'issue de l'appel à projet, trois projets de recherche sur le captage, un sur le transport et deux sur le stockage ont été soutenus.

Sur la période 2007-2010, l'ADEME fait évoluer son positionnement puisque la priorité sera donnée :

- à la participation au financement d'opérations de démonstration sur le territoire national. Il faut souligner que l'ensemble des parties prenantes s'accorde sur l'importance de réaliser un démonstrateur de recherche dans un très proche avenir, condition essentielle à la qualification des procédés et des acteurs industriels ;
- aux financements de travaux visant à améliorer l'efficacité énergétique de l'étape de captage, à comprendre et maîtriser les impacts sanitaires et environnementaux, à analyser l'acceptabilité sociale du déploiement de cette technologie et à participer à la conception du cadre réglementaire compatible au développement de cette filière.

Enfin, dans le cadre de son appel à projet annuel pour le financement de bourses de thèse, l'ADEME soutient actuellement 7 thèses dans le champ du captage et du stockage géologique du CO<sub>2</sub> en partenariat avec des organismes de recherche (BRGM) et des entreprises privées (Total SA, Schlumberger).

## Bibliographie

• ADEME, *Orientations stratégiques de recherche et développement sur la période 2007-2010*, octobre 2007.

• ADEME, IFP, BRGM, *Une technologie pour lutter contre le changement climatique : Capturer et stocker le CO<sub>2</sub> dans le sous-sol*, brochure, octobre 2007.

• AIE, *Legal aspects of storing CO<sub>2</sub>*, 2007.

• C. Birraux et H. Bataille, *Les nouvelles technologies de l'énergie et la séquestration du dioxyde de carbone ; aspects scientifiques et techniques*, rapport de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et techniques 2005.

• CLIP, *Le stockage du CO<sub>2</sub>*, cahier du CLIP n° 17, septembre 2005

• Club CO<sub>2</sub>, document de programmation sur la période 2006-2020.

• Club CO<sub>2</sub> : site du Club CO<sub>2</sub>. [www.clubco2.net](http://www.clubco2.net)

• Commission européenne, *A vision for zero emissions fossil fuels power plant. Report by the zero emissions fossil fuels power plant technology platform*.

• ECN, *Acceptability of CO<sub>2</sub> capture and storage : a review of legal, regulatory, economic and social aspect of CO<sub>2</sub> capture and storage. Etude commandée par l'UNFCCC*, mai 2006.

• GIEC, *Rapport special du GIEC sur le captage, le transport et le stockage du CO<sub>2</sub>*, septembre 2005.

• G. Heddle, H. Herzog et M. Klett, *The Economics of CO<sub>2</sub> Storage*, Laboratory for energy and the environment, MIT 2003.

• Réseau d'excellence CO<sub>2</sub>GeoNet – [www.co2geonet.eu](http://www.co2geonet.eu)

• J. Varet, *Le stockage géologique du CO<sub>2</sub> en France. Présentation lors des 2<sup>e</sup> rendez-vous climat*, janvier 2007.

• T. Chambolle et F. Méaux, *Rapport sur les nouvelles technologies de l'énergie – 2007 –* [www.industrie.gouv.fr/energie/prospect/pdf/rapportnte.pdf](http://www.industrie.gouv.fr/energie/prospect/pdf/rapportnte.pdf)

• J.-J. Gagnepain, *Les nouvelles Technologies de l'énergie : les propositions de programme de recherche –* [www.industrie.gouv.fr/energie/prospect/pdf/rapport-gagnepain.pdf](http://www.industrie.gouv.fr/energie/prospect/pdf/rapport-gagnepain.pdf) – ministère délégué à la Recherche – février 2005 – 35 p.

# Glossaire

## Carbonatation minérale

Fixation du CO<sub>2</sub> en un produit stable pour former des roches carbonatées par un procédé naturel de minéralisation, en faisant réagir le CO<sub>2</sub> avec des roches basiques (basaltes, etc.) ou des déchets industriels riches en oxydes de fer, de calcium et d'autres métaux carbonatables (cendres volantes, laitiers de sidérurgie, etc.).

## Centrales au gaz à cycle combiné

Centrale électrique alimentée au gaz naturel avec des turbines à gaz et à vapeur.

## Centrales au charbon avec gazéification intégrée

Centrale où le charbon est gazéifié. Le gaz de charbon obtenu sert ensuite de combustible pour faire fonctionner une turbine à gaz et à vapeur.

## Centrales au charbon pulvérisé supercritique

Centrale utilisant des chaudières alimentées par du charbon finement pulvérisé.

## Intégration énergétique

Démarche qui consiste à optimiser

les conditions d'insertion du système de captage dans les installations de production d'électricité ou industrielles.

## Marché de quotas

Mécanismes, actuellement mis en œuvre à l'échelle de l'Europe, pour permettre aux sites industriels émettant plus que leur quota d'acheter des quotas d'émission aux sites industriels qui ont émis moins que leur quota.

## Mécanismes de développement propre

Dispositif relevant du protocole de Kyoto et qui vise à offrir aux pays émergents et en développement la possibilité de contribuer aux objectifs dudit protocole.

## Oxycombustion

Réaliser une combustion en présence d'oxygène au lieu de l'air, ce qui permet d'obtenir des fumées plus concentrées en CO<sub>2</sub>.

## Pénalité énergétique

Surplus de consommation de combustible généré par l'insertion dans un procédé industriel d'un système de captage du CO<sub>2</sub>.

## Postcombustion

Piéger le CO<sub>2</sub> rejeté dans les fumées de combustion des installations industrielles existantes. Le CO<sub>2</sub> peut être extrait, par exemple, dans des colonnes de lavage grâce à un solvant chimique qui est ensuite régénéré.

## Précombustion

Extraire le CO<sub>2</sub> à la source, avant l'étape de combustion, en transformant le combustible fossile en un gaz de synthèse. Le gaz de synthèse est ensuite converti en hydrogène et en CO<sub>2</sub>.

## Récupération assistée du méthane

Techniques consistant à utiliser le CO<sub>2</sub> pour accroître la récupération du méthane dans les couches de houille.

## Récupération assistée du pétrole

Techniques consistant à injecter le CO<sub>2</sub> pour accroître la récupération du pétrole des gisements en voie d'épuisement.

## Solvants

Substance, le plus souvent liquide, qui a le pouvoir de dissoudre ou de diluer d'autres substances.