



**Agence Nationale de la Recherche
Programme « Capture et stockage du CO2 »**

Appel à projets de recherche 2005

Ouverture de l'appel à projets : 09 juin 2005

**Clôture de l'appel à projets : 15 juillet 2005 à minuit
(date limite de dépôt des dossiers)**

1 Introduction

Le secteur de l'énergie est porteur d'innovations et de ruptures technologiques susceptibles de limiter la dépendance énergétique du pays et de réduire les émissions de gaz à effet de serre par des actions sur l'offre et la demande énergétiques. La maîtrise de ces Nouvelles Technologies de l'Energie (NTE) est également un enjeu important pour notre économie et pour la compétitivité de nos entreprises.

Suite aux conclusions du groupe de travail sur les Nouvelles Technologies de l'Energie, présidé par M. T. Chambolle (2003), reprises dans le cadre du comité présidé par M. J.J. Gagnepain (2004), cinq thèmes de recherche prioritaires ont été identifiés :

- Solaire photovoltaïque
- Bioénergies
- Capture et stockage du CO₂
- Maîtrise de l'énergie dans le bâtiment
- Hydrogène et piles à combustible.

Ces thématiques ont été retenues par le Groupement d'Intérêt Public Agence Nationale de la Recherche (GIP ANR). Ces programmes portent à la fois sur des recherches appliquées et des recherches à long terme.

Le présent appel à projets est la première action lancée par le GIP ANR au titre du programme « Capture et stockage du CO₂ ».

2 Contexte et objectifs de l'appel à projets – axes stratégiques

Les technologies de capture et de stockage géologique du CO₂ permettront de réduire les émissions de CO₂ liées à l'utilisation de combustibles fossiles et rendront ainsi leur utilisation compatible avec les objectifs de réduction d'émission de gaz à effet de serre. Ces technologies, souvent dérivées de technologies industrielles bien connues dans les secteurs de l'énergie et des gaz industriels, sont étudiées depuis plus de dix ans, notamment aux États-Unis, au Japon et en Europe. Des millions de tonnes de CO₂ ont déjà été injectées dans le sous-sol, notamment aux USA, en Norvège ou au Canada. Une fois qualifiées et plus largement autorisées, ces technologies pourraient être utilisées afin de capturer et de stocker des quantités importantes de CO₂ produites par les grandes sources industrielles de ce gaz. Ainsi l'Agence Internationale de l'Energie (AIE) construit des scénarios prospectifs dans lesquels elle estime que 3 à 8 milliards de tonnes de CO₂ pourraient être injectés dans le sous-sol au cours de l'année 2030, à comparer à des émissions mondiales de 38 milliards de tonnes attendues cette année-là, tous secteurs confondus.

À travers son programme cadre de recherche et développement (PCRD), l'Union Européenne est également active sur ce sujet et ce thème est aussi une priorité de recherche dans des pays européens tels que la Grande-Bretagne, les Pays-Bas, l'Allemagne et la Norvège.

La France est associée à ces initiatives internationales et a, en parallèle, mené plusieurs actions complémentaires au niveau national, notamment dans le cadre du Club CO2 présidé par l'ADEME ou du Comité d'Etudes Pétrolières & Marines (CEP&M).

Une concertation a été menée au sein du Club CO2 susmentionné. Cette concertation a permis la rédaction du présent appel à projets.

Il vise à amplifier l'activité nationale de recherche dans le domaine de la capture, du transport et du stockage du CO2, tout en maintenant une bonne coordination avec l'activité internationale et en particulier communautaire.

Le programme « capture et stockage du CO2 » permettra :

- d'offrir des avancées et des ruptures technologiques permettant d'abaisser de manière importante les coûts de capture du CO2, en vue d'une première mise en œuvre à l'échelle industrielle dans la période 2010-2015 ;
- d'aboutir à des technologies et des méthodologies de mise en œuvre du stockage du CO2, permettant aussi, avant 2010, de préciser les règles relatives à l'implantation et à la surveillance de stockages souterrains de CO2 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 CO2 et qui serviront de vitrine du savoir-faire national en vue de faciliter l'exportation de biens et de services ;
- de développer des savoir-faire adaptés aux conditions particulières de marchés spécifiques à l'étranger.

3 Domaines de l'appel à projets

3.1 Capture et transport du CO2 (thème 1)

3.1.1 Capture du CO2

Objectif global :

Les technologies développées et les connaissances acquises dans le cadre du programme doivent permettre de réduire les coûts (facteur 2 à 3 à l'horizon 2010-2015) et de diminuer de manière importante la consommation d'énergie des procédés de capture.

Plusieurs secteurs industriels fortement émetteurs de carbone sont concernés par cet appel à projets : production d'énergie (électricité, chaleur, hydrogène), procédés manufacturiers (raffineries, cimenteries, sidérurgie).

La capture de CO2 dans les fumées de combustion (techniques dites « postcombustion ») peut être effectuée en faisant appel à des techniques connues. Les installations présentent toutefois l'inconvénient d'être encombrantes, coûteuses et de consommer des quantités importantes d'énergie. Il s'agit donc de développer des procédés plus performants de capture de CO2 en « postcombustion ». Deux voies peuvent être explorées :

- l'amélioration des procédés actuels de lavage par solvant ;

- le développement de procédés basés sur des concepts innovants (nouveaux solvants, adsorption, givrage / dégivrage, membranes, etc.).

Compte tenu des objectifs de capture à moyen terme, il est par ailleurs essentiel d'étudier des options de capture permettant de séparer le CO₂ dans des conditions plus favorables de concentration et de pression, en « oxycombustion » ou « précombustion » :

- l'oxycombustion consiste à opérer en présence d'oxygène plutôt qu'en présence d'air pour obtenir des fumées concentrées en CO₂. Les voies de progrès concernent notamment des modes de combustion spécifiques (tels que l'oxycombustion en lit fluidisé, l'oxycombustion étagée, ...), de nouveaux systèmes d'apport d'oxygène (chemical looping, adsorption, membranes, ...) et des dispositifs de traitement des effluents ;
- la capture en précombustion consiste à obtenir de l'hydrogène en passant par la production de gaz de synthèse et la séparation du CO₂ généré, qui doit être envoyé à un site de stockage. L'hydrogène peut être alors utilisé pour produire de l'énergie (électricité / chaleur) sans émission de CO₂. Les actions de R&D dans ce domaine doivent viser une amélioration des procédés de production de gaz de synthèse et d'hydrogène (vaporéformage, oxydation partielle, étape de shift-conversion, ...) ainsi que des étapes de séparation du CO₂ produit et de purification de l'hydrogène.

3.1.2 Transport et compression du CO₂

Le point de capture sera fréquemment éloigné du site de stockage. Il est alors important de réduire le coût de l'ensemble de la chaîne transport / compression.

Pour cela on pourra rechercher de nouveaux matériaux et de nouveaux procédés de transport (en phase supercritique ou liquide, par conduite ou par navire) en s'attachant à une intégration optimale avec les étapes de capture d'une part et de stockage d'autre part.

En vue de garantir la sécurité du transport, il conviendra de développer des outils et méthodologies de surveillance.

3.2 Stockage du CO₂ (thème 2)

Objectif global :

Les technologies développées et les connaissances acquises dans le cadre du programme doivent permettre, avant 2010, de préciser les règles relatives à l'implantation, la surveillance et la sûreté de stockages souterrains de CO₂ de taille industrielle.

Les cibles industrielles à l'horizon 2010 sont, par ordre de priorité décroissante : le stockage dans les aquifères salins profonds ; le stockage en gisements d'hydrocarbures (huile ou gaz) ; le stockage dans les couches de charbon et/ou les formations intercalaires perméables associées ; les aquifères développés dans les roches basiques et ultrabasiques.

Bien que la cible prioritaire soit les aquifères salins profonds (onshore et offshore), les projets pourront s'intéresser - notamment au titre de l'acquisition de

connaissance et d'expérience - aux gisements d'hydrocarbures, aux « analogues naturels » (gisements naturels de CO₂), etc.

Les travaux engagés devront permettre de lancer une ou plusieurs opérations pilote (avec un potentiel de stockage important) avant 2010, en fonction des opportunités et de la connaissance acquise. Les thèmes suivants pourront être traités :

- le calcul du potentiel de stockage dans les aquifères ou autre type de formation hôte et les incertitudes associées. Il est essentiel de développer un outil permettant de déterminer les capacités de ces formations, en intégrant :
 - la caractérisation pétrophysique et mécanique de la formation avant injection et l'évolution de ces caractéristiques durant et après l'injection en prenant en compte les réactions chimiques ;
 - le transport hydrodynamique et son impact sur la migration des gaz acides ;
 - le taux de dissolution du gaz injecté dans l'aquifère en fonction des impuretés et la capacité de néoformation de carbonates solides ;
 - la caractérisation des couvertures :
 - la caractérisation des hétérogénéités sédimentaires et des propriétés pétrophysiques, mécaniques, géochimiques, thermiques, etc. ainsi que leur évolution en cours du temps afin d'évaluer la continuité spatiale des couvertures ;
 - la caractérisation des propriétés de transport (convectif et diffusif) des failles en présence de fluide riche en CO₂ ;
 - la maîtrise de l'injection du CO₂ :
 - monitoring durant l'injection ;
 - évolution de l'injectivité en fonction du temps en prenant en compte les réactions chimiques et les effets géo-mécaniques ;
 - étanchéité des puits à court et à long terme en prenant en compte les réactions chimiques et l'évolution mécanique du milieu ;
 - l'évaluation des impacts et la surveillance :
 - monitoring qualitatif, qui a un rôle d'alerte ;
 - monitoring quantitatif, qui permet de reconstituer le bilan de la matière (connaissance des quantités stockées, caractérisation des fuites) ;
- L'effort devra porter à la fois sur les méthodes de mesure et sur les méthodologies de traitement et d'interprétation des données ;
- la modélisation prédictive : il s'agit de quantifier le comportement des stockages depuis la formation hôte jusqu'à la surface sur de grandes échelles de temps (500 à quelques milliers d'années, si l'on se réfère aux travaux récents du G.I.E.C) et d'espace. Cet axe concerne entre autres le couplage entre différents types de modèles (hydrodynamique, géochimique, géomécanique, atmosphérique), mais aussi une meilleure connaissance des propriétés thermodynamiques du CO₂ en présence d'impuretés ainsi qu'une bonne connaissance des interactions fluide/fluide et roche/fluide.

3.3 Aspects socio-économiques et thèmes transverses (thème 3)

3.3.1 Aspects socio-économiques

La viabilité de l'économie des filières de capture/transport/stockage du CO₂ et de leur intégration dans les politiques sectorielles doit être testée, tant du point de vue du financement, de la volatilité du contexte économique (prix de l'énergie, prix de la tonne de CO₂), que des contraintes spatiales et des conséquences macro-économiques.

Les projets présentés pourront s'appuyer sur des problématiques définies par les industriels des secteurs et s'intégrer dans des projets technologiques définis dans les sections précédentes.

Des travaux spécifiques pourront concerner, notamment, l'évaluation technico-économique et socio-économique des filières et/ou maillons technologiques, des études de l'impact des instruments économiques et de marché (permis d'émissions, normes, réglementations, ...) sur le déploiement sectoriel des procédés intégrant la capture/transport et stockage du CO₂. Ces analyses devront prendre en compte des contextes socio-économiques internationaux, par exemple ceux de l'Europe, des Etats-Unis, de la Chine.

3.3.2 Acceptabilité sociale des systèmes de capture et stockage géologique du CO₂

Le sujet de l'acceptabilité sociale des systèmes de capture et stockage du CO₂ est central.

Les projets proposés devront étudier les dimensions sociétales associées à ces technologies et participer à la concertation avec les élus, les ONG et le grand public, dans la perspective d'une application étendue de ces techniques en France et à l'étranger.

3.3.3 Aspects transversaux des filières technologiques

La consolidation des travaux dans une perspective de continuum technologique (capture/transport/stockage) est prioritaire et doit se refléter, dans la mesure du possible, dans le contenu des travaux et le montage des projets relevant des volets précédemment explicités. Dans le cadre de cette section, des études spécifiques pourront être menées notamment sur :

- des aspects relevant de la composition, du conditionnement du CO₂, de l'impact des impuretés sur le continuum technologique ;
- des analyses de risque et d'impact environnemental relatives aux filières ;
- le déploiement des infrastructures nécessaires à l'échelle d'un pays ou à plus grande échelle.

4 Recommandations relatives à la sélection des projets

Dans la mesure du possible, il est souhaité que les déposants tiennent compte, dans leurs propositions, du besoin d'aboutir à des solutions industrielles viables de la capture jusqu'au stockage et des interactions possibles entre capture, transport et stockage. La présentation des propositions de projets mettra aussi en perspective les développements complémentaires (projets ultérieurs, développements d'autres briques, intégration système, intégration au procédé industriel, ...) qui seraient nécessaires, le cas échéant, pour aboutir à un système performant et intégré de capture, transport et stockage de CO₂ à échelle industrielle.

Une forte complémentarité avec les autres projets nationaux, européens et internationaux est également souhaitée et les déposants détailleront les articulations éventuelles avec ces projets.

Finalement, les déposants détailleront les possibilités d'application industrielle, notamment en France.

5 Procédures mises en œuvre

5.1 Critères d'éligibilité

Une proposition est éligible si elle s'inscrit dans le cadre de cet appel à projets.

Les projets seront établis en partenariat public-privé. Ils mettront en jeu un ou plusieurs industriel(s) et un ou plusieurs laboratoire(s) de recherche public(s).

Toutefois, pour des projets de recherche à long terme, cette condition de partenariat public-privé n'est pas exigée dès lors que le projet est présenté conjointement par plusieurs laboratoires avec une finalité industrielle identifiée. Le soutien à l'ensemble des projets de ce type n'excèdera pas 10% du montant total attribué à cet appel.

Les partenariats avec des industriels ou des centres de recherche européens sont acceptés dans la mesure où chaque partenaire étranger assure son propre financement dans le projet. Ils pourront mettre en œuvre les procédures de coopération bilatérales ou européennes qui sont disponibles.

Pour chaque projet, un coordinateur unique est désigné par les partenaires. En plus de son rôle de coordinateur scientifique et technique, il est responsable de la mise en place et de la formalisation de la collaboration entre les partenaires, de la production des livrables, de la tenue des réunions d'avancement et de la communication des résultats.

5.2 Critères d'évaluation et de sélection

Les projets sont évalués selon plusieurs aspects :

- pertinence de la proposition au regard de l'appel à projets ;
- qualité, complémentarité et ouverture du partenariat ;

- excellence de chaque partenaire dans le domaine proposé (compétences, publications, brevets, collaborations, valorisation de projets antérieurs) ;
- caractère novateur du projet au regard de l'état de l'art national et international, et de la propriété intellectuelle ;
- perspectives de retombées scientifiques, industrielles et économiques (brevets, innovations, potentiel de réduction des coûts, normalisations, publications, perspectives d'industrialisation et de marchés, impact sur l'emploi, création d'entreprises...) ;
- intégration des aspects liés à l'impact sur la santé, la sécurité et l'environnement (management de cycle de vie) ;
- adéquation du plan de travail et du budget avec les objectifs du projet ;
- rigueur de la définition des résultats intermédiaires et finaux (clarté et pertinence de l'analyse des risques, notion d'obligation de résultats) ;
- clarté de rédaction du dossier, de chacune des rubriques du formulaire de soumission.

Chaque projet éligible est évalué a minima par deux experts indépendants tenus à la confidentialité, sur la base des critères énoncés ci-dessus.

5.3 Règles de financement

Un équilibre sera recherché entre les financements destinés aux thèmes 1 et 2 (sections 3.1 et 3.2). Le financement du thème 3 (section 3.3) sera limité à 5% des financements disponibles. Le financement de l'ensemble des projets ne remplissant pas la condition de partenariat public-privé sera limité à 10% des financements disponibles.

Les projets auront une durée maximale de trois ans.

L'objectif du GIP-ANR est que la majorité des projets reçoive un soutien d'un montant compris entre 500 k€ et 1 M€.

L'aide attribuée sera apportée sous forme de subvention :

- pour les entreprises et les associations, le taux maximum d'aide (appliqué aux dépenses éligibles) sera de 50 % ;
- pour les organismes publics de recherche qui n'ont pas le statut d'EPIC, l'aide accordée sera au maximum de 100 % du coût marginal induit par le projet ;
- pour les EPIC, l'aide accordée sera calculée comme une fraction du coût complet pour les projets partenariaux public-privé. Pour leurs projets ne remplissant pas cette condition, l'aide sera au maximum de 100 % du coût marginal induit.

Sont, en particulier, éligibles les dépenses concernant les rémunérations versées à des personnes recrutées sur contrat temporaire. Toutefois le financement de doctorants ne sera pas pris en compte par l'ANR. Les bénéficiaires des aides pourront commander des travaux à des tiers extérieurs à l'opération. Le coût de ces prestations devra rester inférieur ou égal à 50 % du coût global des dépenses de fonctionnement, sauf dérogation accordée sur demande motivée du bénéficiaire.

Les dépenses sont calculées hors taxes, majorées le cas échéant pour les laboratoires publics de la TVA non récupérable.

5.4 Procédure de soumission

Les projets sont soumis à partir du formulaire joint. Le dossier de soumission à l'appel à projets comporte :

- **une fiche d'identité du projet** regroupant les informations générales relatives au projet : titre du projet, acronyme, type de projet, coordinateur et autres partenaires du projet, coût global, aide demandée, moyens humains, durée, motivations, intérêts scientifiques et techniques du projet, objectifs et finalités du projet, description des travaux, retombées scientifiques, techniques, industrielles et économiques attendues, verrous scientifiques et techniques qui seront levés, confidentialité ;
- **un contenu détaillé du projet :**
 - contexte technique et économique : objectif, état de l'art, verrous technologiques à lever, situation du marché, analyse de la concurrence, brevets à mettre en œuvre pour atteindre l'objectif, projets concurrents ;
 - organisation du projet : qualification des acteurs, valeur ajoutée à la coopération, organisation du partenariat et pilotage du projet ;
 - programme des travaux (description scientifique détaillée, répartition des tâches entre les partenaires, échéancier des réalisations intermédiaires et finales) ;
 - exploitation des résultats : critères de réussite, propriété intellectuelle, retombées industrielles et économiques, retombées scientifiques ;
 - renseignements financiers : montant de l'aide demandée, tableau de financement, nature des dépenses ;
 - personnes chargées du suivi administratif ou financier, personnes à contacter pour les questions scientifiques et techniques.

4.5 Procédure de sélection

La procédure de sélection comprend les étapes suivantes :

- validation d'éligibilité des projets par le comité d'évaluation et choix des experts ;
- examen des projets par les experts ;
- examen et classement des projets par le comité d'évaluation sur les critères de qualité scientifique, technique et partenariale ;
- sélection des projets par le comité stratégique ;
- décision de financement par le GIP ANR ;
- finalisation du dossier administratif et financier pour les projets retenus.

**Clôture de l'appel à projets : 15 juillet 2005 à minuit
(date limite de dépôt des dossiers)**

Adresse de réception des projets

La mise en œuvre de l'appel à projets de recherche « Capture et stockage du CO2 » est réalisée par le CEA à qui le GIP ANR a confié la conduite opérationnelle de l'évaluation et de l'administration des dossiers de subvention. La délégation de ce programme du GIP ANR au CEA est mise en place dans le cadre des principes adoptés par le conseil d'administration de l'agence et explicitée sur le site internet du GIP ANR.

Dans tous les cas, les dossiers sont à adresser :

- par courrier électronique (fichier .doc ou .rtf, en 1 seul fichier) **avant le 15 juillet 2005 à minuit**, à la boîte à lettres suivante :

CO2.anr@cea.fr

- ET par voie postale en triple exemplaire, avant le 18 juillet 2005 à minuit (cachet de la poste), à l'adresse suivante :

**CEA Siège
ANR/NTE – CO2
31-33 rue de la Fédération
75752 PARIS Cedex 15**

Un accusé de réception du projet sera envoyé au coordinateur par la cellule d'animation.

Contacts	
Andreas EHINGER Tél. : 01 40 56 25 87 Mail : andreas.ehinger@cea.fr Fax : 01 40 56 26 80	Fahimeh ROBIOLLE Tél. : 01 40 56 24 72 Mail : fahimeh.robiolle@cea.fr Fax : 01 40 56 26 80