



30 Mars 2016
de 9h à 15h30
BRGM Orléans

Le couplage Stockage de CO₂ – Energies Renouvelables au service des plans climat-énergie territoriaux

Compte-rendu du colloque du 30 mars 2016

Executive summary in English inside:
**« Coupling CO₂ storage and Renewable Energy
as part of integrated territorial climate and energy plans »**

En partenariat avec :



Executive Summary

The capture of CO₂ emitted by power and industrial plants, followed by its storage in geological formations deeper than 800m, is a key climate change mitigation technology (CCS, for CO₂ Capture and Storage). Coupling CO₂ storage with geothermal energy could offer the possibility of renewable heat production, while coupling it with biomass energy could enable to actively pump the CO₂ from the atmosphere, therefore generating negative carbon emissions.

This conference, dedicated to the combination of CO₂ storage with renewable energy (geothermal and biomass) as part of integrated territorial climate and energy plans, was an initiative of the Regional Group « Centre - Loire Valley » of ATEE, following a proposal by BRGM. The objective was to:

- Present the outcomes of the COP21 events that were organized in Paris by BRGM with the CO₂GeoNet Association (European Network of Excellence on the geological storage of CO₂), both based in Orleans: conferences and booths in December 2015 at Le Bourget in the blue zone of the negotiations (accessible to accredited persons) and in the Climate Generations Areas (open to public) - cf <http://cop21.co2geonet.com/>, session at the international scientific conference « Our Common Future under Climate Change » in July 2015 in Paris.
- Highlight the results of CO₂ storage feasibility studies based on the case study of Artenay sugar biorefinery north of Orleans, carried out under the completed project CPER Artenay funded between 2008 and 2010 by a Contract between the State and Region « Centre - Loire Valley » (storage of CO₂ in a dense form), then through the current [CO₂-Dissolved project](#) funded by the French National Research Agency (ANR), which ends in late April 2016 (storage of CO₂ in a dissolved form, coupled with the recovery of geothermal energy).
- Present the next phase of the ANR CO₂-Dissolved project, already selected for funding under the scientific interest group "[GEODENERGIES](#)", which will prepare the establishment of a pilot project in Region « Centre - Loire Valley » or elsewhere in France, according to the most favorable technical and socio-economic conditions.
- Discuss opportunities to integrate CO₂ storage in regional policies and to carry out a CO₂ storage pilot project, coupled or not to geothermal and biomass energy, in a region like Region « Centre - Loire Valley ».

The detailed program is given in Annex 1 and the list of participants in Annex 2.

The main outcomes are the following:

- CO₂ geological storage is a solution that can be integrated into national and regional climate-energy plans, whether CO₂ is stored in a dense or a dissolved form.
- CO₂ storage in dissolved form, combined with the production of geothermal heat, is a new concept well suited to small CO₂ emitters and decentralised solutions.
- Coupling biomass energy with CO₂ storage offers a real opportunity to form a carbon sink.
- Preliminary studies suggest that storing CO₂ from the case study of Artenay sugar biorefinery could be viable for a CO₂ price of around € 30 per tonne on the carbon market; this is not currently the case and investment is not yet justified.

- Whilst awaiting for the socio-economic conditions for CO₂ storage deployment to be in place, small-scale pilots are good drivers for stimulating research and innovation and for enriching the thinking of operators, public authorities, lawyers and citizens.
- CO₂ storage is currently not well integrated in the Regions' Strategies for Smart Specialisation, which is a prerequisite to benefit from the European Structural Funds (ERDF). However, opportunities to revise priorities will arise as the new French law on energy transition will strengthen dialogue between the state and the regions in the field of research, and regional climate-energy plans will be revised soon. Synergies between regional, national and EU funds would help pilots to emerge.
- In order to integrate CO₂ storage among the regional research and innovation priorities, it is important to inform regional politicians on this technology, render accessible the knowledge because it is complex and difficult to understand, and answer the questions that are likely to arise on safety, risks, economic profitability, the creation or maintenance of jobs.
- In conclusion, the implementation of a CO₂ storage pilot in France in a deep saline aquifer, possibly combined with renewable biomass or geothermal energy production, is the way for French academic and industrial players to make further technology development steps, and prepare themselves to deploy the technology domestically and abroad when economic conditions are met, particularly when a minimum carbon price in the market has been fixed. This pilot must be anchored on a regional territory, but its scope will be national and European, even global. It will actually contribute to the development of the CCS technology in the world and to its deployment alongside other measures to mitigate climate change.

This ATEE symposium was co-organized with the help of BRGM (www.brgm.fr), CO₂GeoNet (www.co2geonet.eu), Club CO₂ (www.captage-stockage-valorisation-co2.fr) and EDF (www.edf.fr).

The ATEE (Technical Association energy environment www.atee.fr) aims to promote the exchange of information and dialogue between all stakeholders. It does not yet carry out activities on CO₂ storage, but is interested in learning more to feed his reflections.

Introduction

Le captage du CO₂ émis par les installations industrielles, suivi de son stockage dans des formations géologiques à plus de 800 m de profondeur, est une technologie clé d'atténuation du changement climatique (CCS – CO₂ Capture and Storage, ou CSC en français). Son couplage avec la géothermie devrait offrir la possibilité de production renouvelable de chaleur tandis que son couplage avec la biomasse énergie de pomper activement le CO₂ atmosphérique pour le stocker dans le sous-sol en générant ainsi des bilans carbone négatifs.

Ce colloque, dédié au couplage stockage de CO₂ – énergies renouvelables (géothermie et biomasse) au service des plans climat-énergie territoriaux, était une initiative de l'ATEE Région Centre Val de Loire, sur proposition du BRGM qui en est membre. Il avait pour but de :

- Faire un retour sur la COP21 et les événements qui y ont été organisés par le BRGM avec l'association CO₂GeoNet (réseau d'excellence européen sur le stockage géologique de CO₂), dont les sièges sont à Orléans : conférences et stands en décembre 2015 au Bourget dans la zone bleue des négociations (accessible aux personnes accréditées) et dans les Espaces Générations Climat (ouverts au public) – cf <http://cop21.co2geonet.com/>, session à la conférence scientifique internationale « Notre Avenir Commun face au Changement Climatique » en juillet 2015 à Paris.
- Mettre en exergue les résultats obtenus quant à la faisabilité d'un stockage de CO₂ sur le cas d'étude de la bioraffinerie de sucre d'Artenay au nord d'Orléans, dans le cadre de l'ancien projet CPER Artenay financé entre 2008 et 2010 par le Contrat de Plan Etat – Région Centre (stockage de CO₂ sous forme dense) puis de l'actuel projet CO₂-Dissolved financé par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) qui se termine fin avril 2016 (stockage de CO₂ sous forme dissoute, couplé à de la récupération d'énergie géothermique).
- Présenter la phase suivante du projet ANR CO₂-Dissolved, déjà sélectionnée pour un financement dans le cadre du groupement d'intérêt scientifique « GEODENERGIES¹ », qui permettra de préparer la mise en place d'un projet pilote, en région Centre ou ailleurs en France selon les conditions technico-socio-économiques qui seront les plus favorables.
- Discuter des opportunités pour inscrire le stockage de CO₂ dans les politiques régionales et pour réaliser, dans une région comme la région Centre Val de Loire, un pilote de stockage de CO₂ couplé ou non à la géothermie et à la biomasse énergie.

Le programme détaillé est donné en Annexe 1 et la liste des participants en Annexe 2.

Ce colloque ATEE a été co-organisé avec l'aide du BRGM (www.brgm.fr), de CO₂GeoNet (www.co2geonet.eu), du Club CO₂ (www.captage-stockage-valorisation-co2.fr) et d'EDF (www.edf.fr).

L'ATEE (Association technique énergie environnement, www.atee.fr) a pour objectif de favoriser l'échange d'informations et le dialogue entre tous les acteurs. Elle ne mène pas encore des activités sur le stockage de CO₂, mais est intéressée à en savoir plus pour nourrir ses réflexions.

¹ GEODENERGIES est un Institut pour la Transition Energétique (ITE), initiative soutenue par les Investissements d'Avenir, qui regroupe au sein d'un GIS 17 partenaires privés et publics pour promouvoir l'utilisation décarbonée du sous-sol dans le but de développer 3 filières industrielles en devenir : Stockage de CO₂, Géothermie basse et haute enthalpie et Stockage d'énergie (électricité, chaleur, air comprimé, H₂, etc.).

Principaux messages des présentations orales

Le stockage de CO₂, une solution à intégrer dans les plans climat-énergie nationaux et territoriaux

Après plus de 20 ans de recherches menées en Europe et dans le monde, le stockage de CO₂ en formations géologiques profondes a fait ses preuves. Quinze opérations de taille industrielle fonctionnent déjà dans le monde, dont l'opération pionnière de Sleipner en Norvège depuis 1996. Plus de 20 Mt de CO₂ par an sont ainsi captées et injectées dans le sous-sol. Par ailleurs 7 autres opérations sont en construction et deviendront opérationnelles d'ici 2017. On vise au moins 2000 installations de captage et stockage de CO₂ en 2050 dans le monde, adossées à des centrales à charbon ou à gaz, des cimenteries, des usines sidérurgiques, des raffineries et autres installations industrielles émettrices de CO₂.

Pour accélérer son déploiement généralisé, il est nécessaire de multiplier les expériences de terrain dans des contextes géologiques variés (pilotes de recherche, démonstrateurs pré-industriels) et d'établir des plans stratégiques de développement du stockage de CO₂ et des infrastructures de transport associées pour relier émetteurs et sites de stockage. Il faut aussi développer un cadre socio-économique incitatif, qui fait à l'heure actuelle défaut à cause notamment du faible prix du CO₂ sur le marché du carbone.

Le CCS devrait se développer surtout dans les pays en voie de développement. En Chine, le CCS sur des centrales à charbon pourrait être rentable bientôt car les prix relatifs du charbon et du gaz sont très différents. En Europe et aux USA, on aurait plutôt du CCS sur des centrales à gaz.

Le CCS peut être développé en synergie avec les énergies renouvelables, que ce soit la biomasse (émissions négatives), la géothermie (extraction de chaleur) ou le stockage de l'électricité en excès produite par les énergies renouvelables intermittentes (par électrolyse de l'eau et combinaison de l'hydrogène produit avec du CO₂ pour former des hydrocarbures synthétiques). Il peut être développé aussi en synergie avec la valorisation du CO₂ (production de carburants synthétiques, produits chimiques et matériaux à haute valeur ajoutée), qui ouvre de nouveaux marchés même si sa contribution à la réduction des émissions de CO₂ restera modeste.

Il est donc important de commencer à intégrer la technologie de captage, stockage et valorisation du CO₂ (CSCV, ou CCUS en anglais) dans les plans climat-énergie. 11 pays sur 187 l'ont déjà mentionnée dans leurs contributions nationales en amont de la COP21 (engagements de réduction d'émissions de gaz à effet de serre d'ici 2025-2030). Des régions comme celle de Rotterdam se préparent.

Le stockage de CO₂ sous forme dissoute, combiné à de la production de chaleur géothermique : un nouveau concept bien adapté aux petits émetteurs et aux solutions décentralisées

Les projets de stockage géologique du CO₂ prévoient généralement une injection sous forme supercritique (état dense, aux propriétés intermédiaires entre gaz et liquide) permettant de maximiser les quantités stockées (plusieurs millions de tonnes par an). Le projet CO₂-DISSOLVED (<http://co2-dissolved.brgm.fr/>) a étudié une option différente et complémentaire consistant à injecter dans des aquifères salins profonds le CO₂ sous forme dissoute, à proximité immédiate de la

source émettrice, ce qui est envisageable pour de petits émetteurs industriels et est bien adapté au développement d'un système énergétique décentralisé.

L'infrastructure à mettre en place repose fondamentalement sur un doublet géothermique standard (ensemble de deux puits), permettant de pomper la saumure chaude d'un aquifère salin profond (via le puits « producteur ») puis de la réinjecter à plus basse température après en avoir récupéré la chaleur et l'avoir saturée en CO₂ dissous (via le puits « injecteur »). Avec ce procédé, on s'affranchirait ainsi des problèmes inhérents à l'approche "classique" du stockage de CO₂ qui oblige à choisir un réservoir avec de très bonnes caractéristiques d'étanchéité, pour prévenir tout risque de remontée du CO₂ vers les formations géologiques supérieures par simple effet gravitaire (la « bulle » de CO₂ étant beaucoup moins dense que la saumure). De plus, la récupération de chaleur associée permet une production énergétique utilisable localement pour les besoins propres de l'industriel émetteur de CO₂ ou pour alimenter un réseau de chaleur proche.

L'inconvénient majeur de cette nouvelle approche réside dans la quantité de CO₂ injectable qui est physiquement limitée par la solubilité du CO₂ dans la saumure. L'étude de faisabilité technico-économique réalisée dans le cadre du projet montre néanmoins que la mise en œuvre de cette technologie est pertinente à proximité immédiate d'émetteurs industriels faibles à moyens (10 000 à 150 000 tonnes de CO₂ par an). En s'appuyant sur les caractéristiques habituelles d'un doublet géothermique basse température du bassin parisien (avec un débit de 200-350 m³/h, et une température de 60 à 90°C) et sur les données de solubilité du CO₂ dans ces conditions, un unique doublet permettrait en effet de dissoudre un maximum de 150 000 t/an de CO₂.

Un inventaire des sites industriels potentiellement compatibles, c'est-à-dire émettant moins de 150 000 t/an de CO₂ et situés au droit de ressources géothermales avérées, a été mené sur la France, l'Allemagne et les Etats-Unis. Plus de 650 sites ont ainsi été identifiés rien qu'en France, soit l'équivalent de près de 20% de nos émissions industrielles nationales de CO₂. Ces petits émetteurs constituent ainsi une nouvelle cible, jusqu'ici non considérée, qui renforce le caractère novateur de l'approche CO₂-DISSOLVED tout en la rendant complémentaire de l'approche « classique », adaptée aux gros émetteurs (plusieurs millions de tonnes de CO₂ par an).

La France maîtrise bien le système du doublet géothermique en aquifère profond. Les 42 doublets dans la formation géologique carbonatée du Dogger dans le bassin parisien sont une fierté française. Déployée suite au choc pétrolier de 1973, c'est une technologie aujourd'hui mature, même si elle a connu à ses débuts des problèmes techniques de corrosion-dépôts aujourd'hui maîtrisés. Le Grenelle de l'environnement a relancé la réalisation de nouveaux doublets. Il est possible de dissoudre du CO₂ dans le forage d'injection, c'est une technologie mature (cf. pilote Carbfix en Islande). Mais l'injection de CO₂ dissous avec la saumure refroidie la rend plus corrosive ce qui nécessitera une architecture de puits adaptée : soit l'insertion d'un tubing en petit diamètre à l'intérieur du puits pour injecter le CO₂, tubing que l'on peut changer comme dans l'industrie pétrolière, soit des puits en matériaux composites comme cela commence déjà à se faire dans le bassin parisien lors de rechemisages de puits géothermiques anciens. Des matériaux anti-corrosion sont aussi à prévoir dans les installations de surface.

Une des principales questions traitées par le projet portait sur la quantification de l'impact, sur la roche constitutive de l'aquifère, des réactions chimiques induites par l'injection d'une saumure

acidifiée par sa teneur élevée en CO₂ dissous. A cet effet, une installation expérimentale reproduisant un puits à échelle décimétrique a permis d'effectuer des tests avec des minéraux gréseux et carbonatés, caractéristiques des principaux aquifères profonds ciblés en France. Sur les échantillons de type « calcaire », on a ainsi pu observer la formation d'un réseau de chenaux suite à la dissolution de la roche induite par la circulation de l'eau acidifiée. Sur les échantillons gréseux, l'impact est bien moindre, comme cela était attendu. Ces observations viennent corroborer les résultats des simulations numériques réalisées en parallèle qui montrent des proportions comparables de volumes minéraux dissous. Toutefois, même dans le scénario le plus défavorable en termes d'impact (réservoir carbonaté), l'étude de risque menée conjointement a montré que les conséquences en surface des dissolutions minérales autour du puits d'injection sont a priori négligeables étant donnée la profondeur à laquelle ces dissolutions avaient lieu. En réservoir carbonaté, la dissolution est limitée dans son extension, elle améliore l'injectivité sans créer de gouffre souterrain. La percée du CO₂ au puits de production peut être minimisée en utilisant des puits déviés qui éloignent la zone d'injection de la zone de production. Le CO₂ éventuellement reproduit est à nouveau réinjecté étant donné que la circulation d'eau s'effectue en circuit fermé. Au final on pourrait stocker de manière permanente de l'ordre de 3-4 Mt de CO₂ sur les 30 ans de durée de vie d'un doublet géothermique, si l'on tient compte du CO₂ recyclé entre le puits de production et le puits d'injection.

Le couplage biomasse – stockage de CO₂, une réelle opportunité de former un puits de carbone

Le couplage stockage de CO₂ – bioénergies, appelé BECCS (ou Bio-CCS) est une technologie d'atténuation très prometteuse comme le dit le GIEC car elle ouvre la voie à des scénarios d'émissions négatives (épuration de l'atmosphère), puisque le CO₂ stocké est du CO₂ atmosphérique absorbé par les plantes par le mécanisme de photosynthèse. Elle est applicable à toutes usines produisant de l'électricité, de la chaleur ou des biocarburants à partir de biomasse. Mais il y a beaucoup de variantes différentes (centrales biomasse pure, ou charbon+biomasse, etc.) et une grande divergence dans les coûts annoncés. Il faut faire des pilotes pour tester le potentiel réel de la technologie. Le BECCS peut-il être rentable avec la technologie CCS classique injectant du CO₂ dense? C'est ce que va tester notamment le démonstrateur Illinois aux Etats-Unis qui démarre en 2016. Le BECCS peut-il être une solution plus économique et plus locale avec la technologie CCS injectant du CO₂ dissous ? Le prix du CO₂ et du gaz naturel ont une incidence forte sur les estimations, mais ce sont les caractéristiques géologiques qui comptent le plus. Remplacer la chaudière à gaz par une chaudière biomasse ou par une installation géothermique permettrait de produire de la chaleur pour le procédé de manière plus économique et avec un meilleur bilan carbone.

Le cas d'étude de la bioraffinerie de sucre d'Artenay au nord d'Orléans

La distillerie-sucrierie d'Artenay du groupe Tereos (Loiret, région Centre Val de Loire) produit du sucre, des alcools et des biocarburants à partir de jus de betteraves. Le CO₂ émis provient de deux sources :

- le processus de combustion au sein d'une chaudière à gaz naturel, fournissant l'énergie nécessaire au fonctionnement de la distillerie – ce CO₂ est d'origine fossile ;
- la fermentation des betteraves pour produire du bioéthanol – ce CO₂ est issu de la biomasse.

Un scénario visant à stocker 200 Kt de CO₂ par an sous forme dense a été étudié et apparaît réaliste. Les quantités émises par la raffinerie de sucre sont modestes, il ne devrait pas y avoir de problème majeur pour injecter pendant 30 ans ce CO₂ dans la formation gréseuse du Trias vers 1,5 km de profondeur et le stocker sous forme dense en toute sécurité. D'un point de vue environnemental le bilan carbone est très bon, mais le CO₂ produit par la filière des biocarburants ne bénéficie pas encore du système d'échange de quotas d'émissions de CO₂ ; celui-ci ne concerne pour l'instant que le CO₂ d'origine fossile. D'un point de vue économique, il vaudrait mieux ne récupérer pour le stocker que le CO₂ déjà pur issu du processus de fermentation car le CO₂ émis par la chaudière à gaz est dilué dans l'air et doit être capté par des procédés qui sont encore onéreux.

Le concept d'injection alternatif CO₂-Dissolved avec injection de CO₂ sous forme dissoute via un doublet géothermique a aussi été étudié. Une étude économique préliminaire a évalué la viabilité d'un scénario, fictif, d'implantation d'un système « CO₂-Dissolved » sur le cas-test de la sucrerie-distillerie d'Artenay. La performance économique du système y est apparue bien plus intéressante qu'avec une technologie de captage-stockage de CO₂ habituelle, du fait notamment du bénéfice lié à l'utilisation de l'énergie géothermique qui réduit le recours à la chaudière à gaz naturel. L'opération pourrait être viable à partir d'un prix du CO₂ qui atteindrait de l'ordre de 30 € par tonne, ce qui n'est pas le cas actuellement et ne permet pas de justifier les investissements.

Vers la préparation d'un pilote de stockage de CO₂ en région Centre ou ailleurs en France

La phase suivante du projet ANR CO₂-Dissolved, déjà sélectionnée pour un financement dans le cadre du groupement d'intérêt scientifique « GEODENERGIES » (www.geodenergies.com), permettra de compléter les connaissances acquises et de préparer la mise en place d'un projet pilote sur un site industriel à sélectionner, en région Centre ou ailleurs en France selon les conditions technico-socio-économiques qui seront les plus favorables.

Dans la région d'Orléans, les deux formations géologiques à envisager pour un pilote CO₂-Dissolved sont :

- La formation carbonatée du Dogger : la température y est voisine de 60°C, ce qui est plus faible que dans le centre du bassin parisien où se trouvent tous les doublets géothermiques existants, mais on pourrait envisager d'ajouter une pompe à chaleur pour optimiser le doublet.
- La formation gréseuse du Trias, qui est plus profonde et donc plus chaude, mais l'on ne dispose pas, en France, d'expérience de doublet géothermique en fonctionnement dans ce type de formation. Une tentative à Melleray près d'Orléans dans les années 1980 a été infructueuse du fait de difficultés d'injection, mais nos voisins européens (allemands, hollandais, danois...) ont depuis exploité ces réservoirs avec succès.

Table-ronde et discussion avec la salle - Thème : Vers un pilote de stockage de CO₂ en région Centre Val de Loire ?

Les principaux points évoqués sont présentés ci-dessous.

Le lancement officiel de l'exercice de rédaction de la Stratégie Nationale de Recherche en Energie (SNRE) a eu lieu hier, 29 mars (synthèse de la loi Transition énergétique et croissance verte) :

- La place du CCS et des sciences du sous-sol reste importante.
- Le rôle important des régions est pointé.
- Les dynamiques locales sont valorisées.

Le stockage de CO₂ fait partie de l'équation à résoudre pour limiter les émissions de CO₂. C'est une technologie d'atténuation du changement climatique sur laquelle on doit pouvoir s'appuyer. D'un point de vue technique, les progrès ont été considérables depuis une vingtaine d'années. L'effet d'apprentissage et le progrès technique devraient conduire à une baisse des coûts de la technologie. Le couplage du stockage du CO₂ avec la géothermie ou la valorisation du CO₂ pourrait apporter une forte valeur ajoutée. **Les points qui posent difficulté à l'heure actuelle ne sont pas techniques, mais concernent les équilibres économiques, la réglementation et la reconnaissance de cette technologie par l'opinion publique et les décideurs politiques parmi les moyens de lutte contre le changement climatique.** Il reste aussi à identifier quels acteurs voudront se positionner comme opérateurs de stockage de CO₂. Total, Shell, BP et Statoil notamment pourraient être prêts si un modèle d'affaires se précisait.

L'accord de Paris sur le climat, qui engage tous les états et a même durci l'ambition de limitation du réchauffement global à 1.5 °C, soit bien en-dessous des 2°C initialement visés, **devrait stimuler le développement des technologies d'atténuation du réchauffement climatique et notamment le CCS.**

Les acteurs français de la filière stockage de CO₂ ont des compétences de haute qualité, reconnues au niveau international et couvrant l'ensemble de la chaîne de valeur, qui intègre aussi le captage, le transport et la valorisation du CO₂. Plus largement sur les filières énergétiques du sous-sol profond, les acteurs français ont une forte compétence en exploration et production pétrolières et gazières, en stockage géologique d'hydrocarbures et de CO₂, et en géothermie profonde. **Ils sont conscients de la nécessité d'établir des synergies et de mutualiser leurs efforts pour assurer des gains de performance rapides et déployer des technologies innovantes sur le sol national et à l'export**, comme le montre le rapport PIPAME 2016 ([Enjeux et perspectives des filières industrielles de la valorisation énergétique du sous-sol profond](#)). GEODENERGIES (www.geodenergies.com) a notamment été créé en 2015 avec le soutien des Investissements d'Avenir, avec pour vocation de structurer un pôle de compétence français composé d'acteurs publics et privés spécialisés dans la connaissance et les technologies du sous-sol pour faire décoller trois filières au service des énergies sans carbone : stockage de CO₂, géothermie, stockage d'énergie.

En attendant que les conditions favorables pour un déploiement du stockage de CO₂ se mettent en place, la réalisation de pilotes de taille réduite permettra de stimuler la recherche et l'innovation et de faire évoluer la réflexion au niveau des opérateurs, des pouvoirs publics, des juristes et des citoyens. Il y a beaucoup à apprendre, par le biais de pilotes, d'une application sur le terrain des

concepts, méthodologies et outils développés. Non seulement cela permettra de réduire les coûts et d'améliorer les éléments techniques, mais aussi de comprendre les synergies et complémentarités avec d'autres technologies énergétiques et ce que pourraient être les bénéfices socio-économiques associés. Cela permettra également aux pouvoirs publics de faire plus facilement des choix dans leurs politiques climat-énergie, et de les rendre désirables par la population.

Comment le stockage de CO₂ peut-il s'intégrer dans une politique régionale ? Une région telle que la région Centre Val de Loire dispose de différents dispositifs financiers pour soutenir soit des actions de recherche, portées par des organismes de recherche, soit des actions de développement économique, portées par des entreprises régionales. La réalisation de pilotes relève d'une action intermédiaire entre ces deux types d'action, ce qui est plus complexe à mettre en œuvre et relève de la volonté politique. Par ailleurs le stockage de CO₂ n'est à l'heure actuelle pas inscrit dans les stratégies et spécialisations régionales, ce qui est un prérequis pour pouvoir déposer un projet sur ce thème et bénéficier de fonds structurels européens (FEDER). Toutefois des opportunités vont apparaître pour faire évoluer ces priorités car la nouvelle loi sur la transition énergétique veut renforcer la concertation entre l'état et les régions dans le domaine de la recherche et les plans climat-énergie territoriaux seront soumis à révision prochainement. Une synergie entre des fonds régionaux, nationaux et européens pourrait aider à faire émerger des pilotes.

Afin de pouvoir intégrer le stockage de CO₂ parmi les priorités de recherche et d'innovation régionales, il est important d'informer les élus régionaux sur cette technologie, de leur rendre accessibles les connaissances car celles-ci sont complexes et difficiles à appréhender, et de répondre aux questions qu'ils ne manqueront pas de se poser sur la sécurité, les risques, la rentabilité économique, la création ou le maintien d'emplois.

En conclusion, la réalisation d'un pilote de stockage de CO₂ en France, en aquifère profond et éventuellement couplé à une production d'énergie renouvelable de type biomasse ou géothermie, est le moyen, pour les acteurs français académiques et industriels, de continuer à développer la technologie et de se tenir prêts à la déployer sur le sol national et à l'export quand les conditions économiques seront réunies, notamment quand un prix minimum du carbone sur le marché aura été fixé. Ce pilote devra être ancré sur un territoire régional, mais sa portée sera nationale et européenne, voire mondiale. Il contribuera en effet au développement de la technologie CCS dans le monde et à son déploiement aux côtés d'autres mesures d'atténuation du changement climatique.

Annexe 1 – Programme détaillé du colloque

Thème général :

Le stockage du CO₂ et son couplage avec la géothermie et la biomasse énergie

Colloque présidé par Jean-Marie Huet, Président du groupe régional ATEE Centre Val de Loire, et Isabelle Czernichowski-Lauriol, BRGM, Présidente émérite de l'association CO₂GeoNet.

- 09h00** **Accueil-café**
- 09h30** **Ouverture** par Christian Deconninck, Président de l'ATEE, et Karim Ben Slimane, Directeur du Développement du BRGM
- 09h50** **Intervention 1** - Isabelle Czernichowski-Lauriol, BRGM/CO₂GeoNet « *Les enseignements des évènements COP21 de Paris sur les perspectives de déploiement de la technologie de captage et stockage de CO₂* »
- 10h10** **Intervention 2** - Didier Bonijoly, BRGM « *Les principales conclusions du projet CPER Artenay 2008-2011 sur le potentiel de stockage de CO₂ émis par la sucrerie-distillerie d'Artenay* »
- 10h30** **Intervention 3** - Christophe Kervévan, BRGM « *Un nouveau concept pour coupler stockage de CO₂ et géothermie adapté aux petits émetteurs de CO₂. Applicabilité à la région d'Artenay* » (Projets ANR CO₂-DISSOLVED et Géodénergies PILOTE CO₂-DISSOLVED)
- 10h50** **Pause**
- 11h20** **Intervention 4** - Yann Le Gallo, Geogreen « *Faisabilité technico-économique de l'implantation d'un projet de Bio-CCS, couplé ou non à la géothermie, sur une usine de transformation de biomasse (betterave sucrière) dans la région d'Artenay* »
- 11h40** **Intervention 5** - Eric Lasne, CFG « *Les contraintes liées à l'injection de CO₂ dans un doublet géothermique. Potentiel d'application en région Centre Val de Loire* »
- 12h00** **Intervention 6** - Audrey Laude-Depezay, Université de Reims « *Les émissions négatives dans la transition écologique et énergétique – Quel rôle pour les bioénergies et le stockage de CO₂ ?* »
- 12h20** **Intervention 7** - Xavier Galiègue, Université d'Orléans – « *L'approche économique des transitions énergétiques : une application au stockage de CO₂* »
- 12h40** **Déjeuner buffet**
- 14h00** **Table-Ronde** avec quelques experts et Q/R salle – *animée par Isabelle Czernichowski-Lauriol*
Thème précis : **Vers un pilote de stockage de CO₂ en région Centre Val de Loire ?**
Daniel Clément, ADEME, Président du Club CO₂
Gabriel Marquette, Directeur de Géodénergies
François Giger, Direction de la Production Ingénierie Thermique, EDF
Didier Bonijoly, Direction des Géoressources, BRGM
Samuela Vercelli, CO₂GeoNet, Université de Rome, Italie
Nicolas Dubouloz, Directeur de la Recherche, Région Centre Val de Loire
- 15h20** **Clôture**
- 15h30** **Fin de la journée**

Annexe 2 – Liste des participants

ANDRE	Pierre-Joris	SOLIHA
AUDIGANE	Pascal	BRGM - Direction Eau, Environnement et Ecotechnologies
AYRAULT	Freddy	Hervé Thermique
BONIJOLY	Didier	BRGM - Direction des Géoressources
CAPPE	Daniel	ATEE
CLAUDEL	Séverine	DALKIA Edf
CLEMENT	Daniel	ADEME, Président du Club CO2
CZERNICHOWSKI	Isabelle	BRGM - Direction du Développement
DAVID	Julien	ENGIE
DECONNINCK	Christian	ATEE Président National
DEGROLARD	François	Région Centre
DELUBAC	Nicolas	ENGIE
DUBOULOZ	Nicolas	Conseil Régional Centre Val de Loire, Directeur de la Recherche
EL KHAMLICH	Aïcha	ADEME, Club CO2
FABRIOL	Hubert	BRGM - Direction Risques et Prévention
FAUCON	Gérard	EDF
FITOUSSI	Benjamin	ENGIE
FRAISSENON	Eric	ATEE Fédération
GALIEGUE	Xavier	Université d'Orléans
GARCIA	Pierre Olivier	Université de Pau
GASTINE	Marie	BRGM - Direction du Développement
GAZIO	Angéline	Hervé Thermique
GENTIER	Sylvie	BRGM - Direction de la Stratégie, de la Recherche et de l'Evaluation
GIGER	François	MINES
GOMBERT	Philippe	INERIS
GOMEZ	ERIC	BRGM - Direction des Actions Territoriales
GUERIN	Marc	DRRT Centre Val de Loire (Délégué Régional à la Recherche et à la Technologie)
GUILLIEN	Sabine	ENGIE
HAGI	Hayato	Enertime
HELLER	Claude	Air Liquide
HUET	Jean-Marie	EDF, ATEE Président régional Centre Val de Loire
JEULIN	Patrick	ETS MAILLOT SARL
KERVEVAN	Christophe	BRGM - Direction Eau, Environnement et Ecotechnologies
LAUDE-DEPEZAY	Audrey	Laboratoire REGARDS, Université de Reims
LE CHALONY	Hervé	GRDF - Directeur territorial Région Centre Val de Loire
LE GALLO	Yann	GEOGREEN
LEBRUN-GOMBERT	Annie	EDF
LE GUENAN	Thomas	BRGM - Direction Risques et Prévention
MARQUETTE	Gabriel	CNRS
MARTEL-JANTIN	Bruno	BRGM - Direction du Développement
MOUCHOT	Justine	EIFER
PALIS	William	Conseil Régional Centre Val de Loire
PASTOR	Emmanuel	EDF
PIGENEL	Line	ENGIE
PUJOL	Martin	CFG Services
RENAUDAT	Caroline	GRDF
RICHARD	Aude	Journal des ENR
ROCHER	Philippe	BRGM - Direction des Géoressources - Division Géothermie
SELOSSE	Sandrine	PARIS TECH MINES
STEAD	Rowena	BRGM - Direction Eau, Environnement et Ecotechnologies
TAILLEFER	Nicolas	BRGM - Direction Risques et Prévention
VERCELLI	Samuela	CO2GeoNet/Université de Rome, Italie