



Les risques liés au stockage géologique du CO₂ en aquifère salin profond

Du 29 novembre au 10 décembre 2010, près de 190 pays participent à la 16^{ème} Conférence de la Convention-cadre des Nations-Unies sur les changements climatiques, rappelant ainsi l'urgence à mettre en œuvre des actions concrètes afin de diminuer les émissions de gaz à effet de serre.

Selon les scénarios du GIEC, le réchauffement global devrait s'accroître d'au moins 1,1 °C supplémentaire d'ici à 2100 et jusqu'à 6,4 °C, dans le cas le plus pessimiste.

Face à ces enjeux, l'une des solutions envisagées est de recourir au stockage géologique du CO₂.

Même si la directive 2009/31/CE du 23 avril 2009¹ « relative au stockage géologique du dioxyde de carbone » établit un cadre juridique pour cette filière industrielle, de nombreuses questions scientifiques et techniques demeurent afin de garantir sa sécurité et ce, sur des périodes de plusieurs centaines à milliers d'années.

Une problématique majeure : le devenir à long terme du CO₂

A l'heure actuelle, il existe encore de nombreuses inconnues sur l'ensemble de la filière du CO₂. En ce qui concerne le stockage, l'une des problématiques majeures est le devenir à long terme du CO₂ injecté dans le sous-sol.

Or une fuite de CO₂ pourrait avoir un impact significatif à l'échelle mondiale et locale. A l'échelle mondiale, cela engendrerait un relargage de CO₂ dans l'atmosphère qui pourrait accentuer progressivement le réchauffement climatique. A l'échelle locale, un tel incident pourrait engendrer des risques pour la population, les écosystèmes et les hydrosystèmes.

L'INERIS, acteur de la recherche

L'INERIS contribue depuis 2002 à la recherche sur l'ensemble de la filière CSC (captage, transport, stockage du CO₂) en aquifère salin ou dans le charbon. Ses compétences en évaluation des risques industriels, des risques liés à l'utilisation du sous-sol et des risques environnementaux lui permettent de développer une vision transversale de l'ensemble de la filière valorisée au sein de nombreux programmes de recherche nationaux ou européens. Ainsi, l'INERIS réalise des travaux en matière de surveillance, de modélisation des transferts et des éventuels impacts de la filière.

Etude des risques pour le stockage de CO₂ en aquifère salin profond

¹ La directive européenne 2009/31/CE définit les conditions de sélection des sites de stockage, met en place un système de permis de stockage et prévoit les obligations relatives à l'exploitation, la fermeture et la post fermeture d'un site de stockage. Les états membres disposent d'un délai de deux ans pour transposer la directive en droit national.

Cette étude a été réalisée dans le cadre du programme de recherche de l'INERIS « EVARISTE », destiné à évaluer les risques à long terme liés au stockage souterrain du CO₂.

Actuellement, cette étude s'intéresse aux aquifères salins profonds et s'articule autour de trois axes :

- la caractérisation des fluides présents dans le réservoir (CO₂ et impuretés) et les possibles évolutions géochimiques ;
- la conception d'une méthode d'évaluation des risques adaptée à la filière CSC ;
- la définition de scénarios de migration des fluides, en conditions normales et en conditions altérées, et leurs impacts potentiels pour l'homme et l'écosystème.

Principaux résultats

Impuretés associées au CO₂

Le travail de synthèse bibliographique mené par l'INERIS permet d'identifier trois types d'impuretés :

- Les impuretés primaires injectées avec le CO₂ sont issues de la phase de captage. Il s'agit de gaz (argon, azote, oxygène, oxydes de soufre et oxydes d'azote) et de substances chimiques en moindre quantité (composés organiques volatils, hydrocarbures aliphatiques, hydrocarbures aromatiques, métaux...)
- Les impuretés secondaires, éléments métalliques et organiques à l'état de trace remis en solution par l'acidification de la saumure² suite à l'injection du CO₂ dans l'aquifère. Cela confirme donc la perturbation de l'équilibre géochimique de l'aquifère salin profond.
- Les gaz natifs (méthane, hydrogène sulfuré...) qui sont éventuellement chassés par le CO₂ lors de son injection.

Scénarios de migration des fluides et impacts sanitaires associés

Après avoir caractérisé les fluides présents dans le réservoir, il convient d'évaluer les risques de fuites possibles.

Cette étude a identifié six scénarios, trois en conditions normales et trois en conditions altérées, c'est-à-dire lorsque certains des paramètres du stockage ne possèderaient pas les valeurs prises en compte dans la phase de conception du projet (ex : épaisseur des terrains localement plus faible ou perméabilité plus forte de la couverture, mise en évidence d'une faille insoupçonnée ou ouverture d'une faille considérée comme colmatée, vitesse de propagation du panache de CO₂ plus importante que prévue, présence d'impuretés plus importantes dans le CO₂ injecté...).

Conditions normales

Scénario 1 : Fuites ponctuelles le long d'un puits (d'injection ou de surveillance) après son abandon et son colmatage. Il est en effet probable que le ciment et les tubages en acier qui constituent le puits se corrodent au cours du temps sous l'effet de l'agressivité du CO₂ dissous.

Scénario 2 : Fuites diffuses de CO₂ pouvant survenir à travers la couverture de l'aquifère.

Scénario 3 : Rejets ponctuels de saumure effectués pour réduire la surpression dans le réservoir due au fort débit d'injection du CO₂.

Conditions altérées

Scénario 4 : Fuites ponctuelles de CO₂ dues à l'atteinte d'un puits en fonctionnement et externe au site de stockage (ex : puits d'extraction d'hydrocarbures, forage géothermique profond...).

Scénario 5 : Fuites ponctuelles de CO₂ depuis une faille majeure située à une certaine distance du puits injecteur.

Scénario 6 : Fuites de saumure potentiellement contaminée par un puits abandonné, un puits extracteur, ou par une faille majeure.

L'INERIS a ensuite étudié l'impact potentiel de ces scénarios sur l'homme et les écosystèmes. Plusieurs métaux et métalloïdes (arsenic, cadmium, chrome, mercure, nickel...) et substances organiques (benzène, HAP ...) présents dans les impuretés primaires ont été retenus. Les voies humaines d'exposition considérées sont l'ingestion d'eau issue de captages privés d'eau souterraine et l'inhalation de substances organiques volatiles ou semi-volatiles.

Les principaux résultats obtenus sont les suivants :

² Les aquifères salins profonds renferment des nappes de saumure, fluides aqueux ayant une salinité élevée.

- Le scénario 1 est jugé fort probable mais présente peu d'impact sanitaire potentiel.
- Le scénario 5 est susceptible d'entraîner la contamination d'un aquifère d'eau douce, sous réserve d'une forte concentration des impuretés.
- Le scénario 4 est le plus impactant mais peu probable.
- Au niveau des substances considérées, les plus préoccupantes semblent être le plomb, le nickel et le mercure pour la pollution des aquifères d'eau douce et les composés chlorés pour les impacts sanitaires par inhalation.

Préconisations

Cette étude est une première étape des recherches en cours et doit bien évidemment être complétée. D'ailleurs d'autres travaux sont actuellement en cours à l'INERIS.

Néanmoins, sans préjuger de l'intérêt d'un recours au stockage souterrain de CO₂ par rapport à d'autres dispositions de lutte contre l'effet de serre, la mise en exergue de risques potentiels liés à une fuite de CO₂ permet de faire les préconisations suivantes :

- Il apparaît nécessaire de préciser les critères de choix des sites de stockage. La structure géologique et les conditions tectoniques, les propriétés mécaniques et géochimiques du réservoir, la forme et l'épaisseur de la roche-couverture ainsi que sa perméabilité et son hétérogénéité sont autant de paramètres essentiels pour assurer la sécurité de l'homme et de l'environnement
- En outre, il semble pertinent de prévoir, dès le stade de la conception, des mesures de maîtrise du risque (barrières de sécurité) répondant en priorité à deux fonctions de sécurité : limiter les perturbations mécaniques, hydrauliques et chimiques d'une part et assurer le confinement des fluides d'autre part.
- Enfin, afin de disposer d'un retour d'expérience au niveau international, il conviendrait de capitaliser les informations et données relatives aux incidents rencontrés par les opérateurs, en incluant notamment les insuffisances des dispositifs de surveillance ou des modélisations numériques, et ce dès les sites démonstrateurs.

INERIS en bref

L'Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques a pour mission de contribuer à la prévention des risques que les activités économiques font peser sur la santé, sur la sécurité des personnes et des biens, et sur l'environnement. Il mène des programmes de recherche visant à mieux comprendre les phénomènes susceptibles de conduire aux situations de risques ou d'atteintes à l'environnement et à la santé, et à développer sa capacité d'expertise en matière de prévention. Ses compétences scientifiques et techniques sont mises à la disposition des pouvoirs publics, des entreprises et des collectivités locales afin de les aider à prendre les décisions les plus appropriées à une amélioration de la sécurité environnementale.

Créé en 1990, l'INERIS est un établissement public à caractère industriel et commercial, placé sous la tutelle du Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire.

Au 1er janvier 2009, il emploie 580 personnes dont 336 ingénieurs, cadres et chercheurs, basés principalement à Verneuil-en-Halatte, dans l'Oise.

www.ineris.fr

Contacts

Ginette Vastel
Directrice de la communication
ginette.vastel@ineris.fr

Isabelle Clostre
Chargée de relations publiques
isabelle.clostre@ineris.fr
03 44 55 63 23