

Séquestration de CO₂

Introduction

Le stockage du dioxyde de carbone dans des couches géologiques est envisagé comme une solution possible pour limiter la contribution de ce gaz aux modifications climatiques. Alors que les forêts, tourbières et puits océaniques de carbone ne suffisent plus à absorber les émissions humaines de CO₂ et que le protocole de Kyoto n'a pas permis de diminuer significativement les émissions de gaz à effet de serre, la séquestration du CO₂ semble être une solution de plus en plus importante.

I. Définition

La séquestration de CO₂ est un procédé consistant à séparer et capter le CO₂ des rejets industriels et à le transporter et le confiner dans un lieu de stockage à long terme.

II. Techniques de captage

Les techniques de capture du CO₂ utilisées sont répertoriées en trois catégories :

- La postcombustion : Ce procédé sépare le CO₂ des autres gaz produits par la combustion du combustible dans l'air. Il fait généralement appel à un solvant organique (ex : une amine) pour capturer la fraction de CO₂ (en général de 3 à 15 % en volume) présente dans l'effluent gazeux.

- La précombustion : Cette technique a été mise au point pour tenter de réduire les coûts du captage du CO₂. Elle vise à « décarboniser » le combustible avant sa combustion en le traitant avec de la vapeur d'eau et de l'air (vaporeformage). Le but est de transformer le combustible en un mélange de monoxyde de carbone (CO) et d'hydrogène (H₂) qui sont ensuite séparés par un solvant. L'hydrogène sert alors à la production d'énergie sans émission de CO₂ tandis que le monoxyde de carbone est converti en CO₂.

- L'oxycombustion : Actuellement en voie de développement, cette troisième technique a pour objectif d'obtenir une fumée de combustion constituée uniquement de CO₂ et de vapeur d'eau, facilement séparables. Ceci est effectué en utilisant de l'oxygène pur comme gaz de combustion. Ce procédé est néanmoins coûteux, car l'obtention de l'oxygène pur par distillation de l'air est coûteuse.

III. Transport du CO₂

Le CO₂ est transporté vers les zones de stockage de la manière suivante :

- pour le CO₂ en phase gazeuse : à l'aide de gazoducs
- pour le CO₂ en phase liquide : par voies maritimes, routières ou ferroviaires à l'aide de citernes isothermiques.

IV. Stockage géologique du CO₂

Jusqu'à présent, trois sortes de formations géologiques ont été l'objet d'investigations poussées afin de pouvoir y emprisonner du CO₂. Il s'agit:

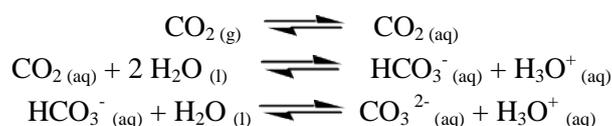
- des gisements de pétrole et de gaz naturel;
- des formations salines profondes;
- des veines de charbon inexploitable.

Le stockage peut également se faire dans les fonds marins.

v. *Expériences modèles au laboratoire*

1) Importance des réactions chimiques :

Le CO₂ se dissout dans l'eau selon les réactions suivantes:



Il réagit également dans les solutions basiques selon la réaction:



2) Importance des phénomènes de convection :

Après injection du CO₂ au-dessus d'aquifères salins, le CO₂ se dissout en surface pour former une couche de saumure fortement chargée en CO₂. Cette couche étant plus dense que la solution saline sous-jacente, il en résulte une situation instable où la solution dense « coule » dans l'autre. Cette instabilité donne lieu à de la convection çàd à un mouvement du fluide qui se manifeste par l'apparition de « doigts » de solution dense coulant dans la solution. Ce transfert de matière induit un renouvellement de la solution en surface ce qui permet à la dissolution du CO₂ de se poursuivre. Si la convection n'avait pas lieu, la dissolution serait limitée. Le brassage de la saumure par convection permet d'optimiser les capacités de stockage car il accélère le transfert du CO₂ dans la phase d'eau saline.

Pour le stockage du CO₂ dans des aquifères salins, il est donc nécessaire d'augmenter le plus possible la dissolution du CO₂. Ceci peut être fait en jouant sur les réactions chimiques mises en jeu et sur les phénomènes de convection (liés en partie à la densité de la solution saline). Afin d'étudier ces phénomènes, nous comparons, dans notre expérience, le taux de dissolution du CO₂ dans trois solutions différentes : acide (HCl), basique (NaOH) et neutre (H₂O) en présence d'indicateurs colorés adaptés (bleu de thymol et rouge de crésol).

On observe plus ou moins de dissolution du CO₂ selon le composé présent dans la phase aqueuse.

vi. *Risques*

Une éventuelle fuite du CO₂ des gisements géologiques présente un danger réel pour la nature et pour l'homme car, à grande concentration, le CO₂ est mortel. De plus, il y a de grandes incertitudes quant aux effets géochimiques du CO₂ séquestré au voisinage d'aquifères. En effet, la dissolution du CO₂ dans ces eaux entraînera une acidification du milieu et donc une dissolution partielle des roches calcaires, ce qui augmente le risque d'effondrement de ces sites.

Au niveau du stockage océanique, l'apport d'énormes quantités de CO₂ augmentera l'acidité de l'eau (formation de HCO₃⁻). Ceci aura un effet néfaste sur la faune et la flore des océans, notamment sur les phytoplanctons et les coraux.

Conclusion

La séquestration du CO₂ est une alternative ambitieuse et techniquement possible qui nous permettra, si ce n'est qu'à court terme, de réduire le taux de CO₂ dans l'atmosphère et de faire face au phénomène de l'effet de serre. De nombreuses études doivent cependant encore être menées pour comprendre les conditions optimales de séquestration et notamment l'impact des réactions chimiques sur l'efficacité du confinement d'une part et sur la quantité de CO₂ confiné dans le site donné d'autre part.

Michez Roman
Oblie Abu
Mernissi Amine

Sujet : Le captage et la séquestration du CO₂

Protocole des expériences présentées lors du Printemps des Sciences 2011

Phénomènes de convection et de diffusion lors de l'absorption du CO₂ dans les aquifères salins

Matériels utilisés:

2 Plaques de verre 13*18cm,
8 Pincés à dessin 3 cm de long,
1 Plaque de frigolite de 3 mm d'épaisseur,
Pipettes pasteur
Béchers

Produits utilisés:

Solution de NaOH (0,1N),
Solution de HCl (0,1N),
Indicateurs colorés : rouge de crésol ou phénolphtaléine

Fabrication de la cellule

La plaque de frigolite est découpée afin de former un cadre à 3 bords de 1cm de large aux dimensions des plaques de verre. La cellule constituée de deux plaques de verre et du cadre en frigolite est assemblée et maintenue par les pincés à dessin (2 de chaque côté et 4 à la base).

Préparation des solutions

Les solutions à injecter dans la cellule sont préparées en ajoutant à 50mL de chacune des solutions de NaOH (0,1N) et de HCl (0,1 N), une vingtaine de goutte d'un indicateur coloré (bleu de thymol ou rouge de crésol).

Préparation de la cellule

La solution de NaOH est d'abord injectée à l'aide d'une pipette pasteur dans la cellule jusqu'à ce que celle-ci soit remplie à 50%. La cellule est ensuite complétée de la solution de HCl ajoutée très minutieusement, afin d'obtenir deux phases séparés par une interphase qui sera le lieu des phénomènes de convection et de diffusion.

Acidification d'une solution basique par dissolution de CO₂

Matériels utilisés:

Tube à essai
Porte tube à essai
Pince en nickel
Bac de frigolite
Spatule
Béchers

Produits utilisés:

Carboglace
Solution de NaOH (0,1N)
Indicateur coloré: bleu de thymol
Eau distillée

Préparation de la solution

Dans un bécher contenant 50 mL d'eau distillée et une vingtaine de gouttes de bleu de thymol, la solution de NaOH est ajoutée jusqu'à ce que la solution initialement jaune, devienne violette. Puis, le tube à essai est posé sur le portoir.

Préparation de la carboglace

Un morceau de carboglace est prélevé à l'aide de la pince en nickel et déposé dans un bécher sec. La carboglace est ensuite sectionnée à l'aide de la spatule afin d'obtenir un morceau inférieur à la section du tube à essai. Ce morceau sera ensuite ajouté dans le tube à essai.