

GÉOTHERMIE.CH Visionen und Strategien

SCCER-SoE Tiefengeothermie auf dem Radar der Forschenden

Geothermie Riehen Pumpenwechsel zum Jubiläum



Nouvelles expériences, nouveaux horizons de recherche

Swisstopo se lance dans de nouvelles expériences liées au stockage géologique du CO₂, un axe de recherche dont la portée dépasse le cadre du stockage des déchets radioactifs en couches géologiques profondes.

Dans le cadre du programme de recherche international du projet Mont Terri, swisstopo a lancé en 2012 un nouvel axe de recherches: le stockage géologique du CO₂.

Stockage géologique du CO₂

Initiée, conçue et suivie par les scientifiques français du BRGM (Jean-Charles Manceau, Pascal Audigane et Joachim Tremosa), une expérience liée au stockage géologique du CO₂ a vu le jour dans le laboratoire souterrain du Mont Terri. Intégrée dans le programme officiel de recherche du projet Mont Terri, cette expérience est en grande partie financée par la commission européenne dans le cadre du projet ULTimateCO2 (www.ultimateco2.eu) avec des contributions de swisstopo et du partenaire japonais Obayashi.

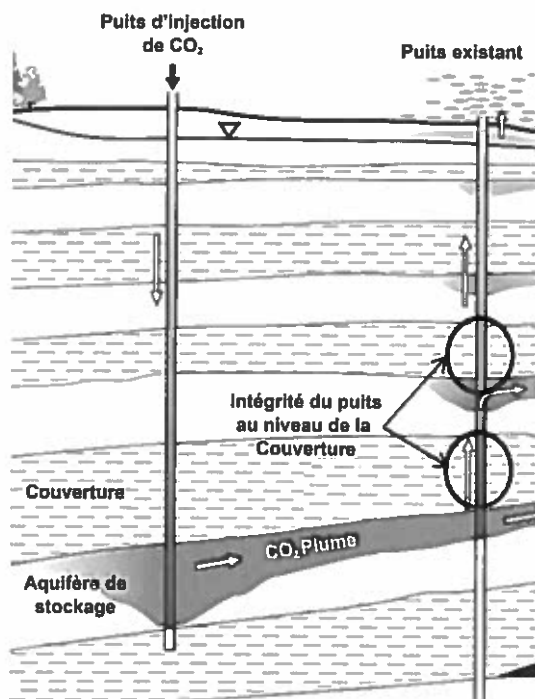
Le stockage géologique de CO₂ en aquifère profond consiste à injecter du CO₂ dans des formations géologiques perméables (grès, carbonate) contenant initialement des saumures impropres à la consommation (aquifères salins). Le CO₂ doit être stocké à des profondeurs supérieures à 800m de façon à atteindre des conditions de pressions et de températures suffisamment élevées (73 bars et 31 °C) pour devenir à l'état thermodynamique dit «supercritique». Néanmoins, restant plus léger que l'eau, le CO₂ tend à migrer vers la surface et le réservoir de stockage doit être surplombé d'une roche couverture («cap-rock») très peu perméable (argile) afin d'assurer le confinement du site, ainsi que la migration verticale des saumures (pouvant contenir du CO₂ dissous) du fait de l'augmentation de pres-

>> Christophe Nussbaum
responsable du projet Mont Terri
>> Paul Bossart
directeur du projet Mont Terri
swisstopo – service géologique
national
CH-3084 Wabern
www.swisstopo.ch



>> Importance de la bonne intégrité des puits existant pour diminuer le risque de migration (adapté de Gasda, Environ. Geol., 2004).

>> Bestehende Bohrungen müssen gut abgedichtet sein, um das Risiko einer Migration zu minimieren.



sion dans l'aquifère d'injection par rapport à la pression hydrostatique.

Migration des fluides

L'existence d'un défaut d'étanchéité de cette roche couverture peut donc entraîner un risque de migration des fluides vers des aquifères sus-jacents parfois protégés. Les différents puits existants et perforant la formation d'injection (l'existence de puits abandonnés notamment est classique dans les bassins sédimentaires visés pour le stockage de CO_2) sont alors identifiés comme des voies de fuites potentielles. La bonne intégrité des puits au niveau des roches couvertures (c'est-à-dire la capacité des puits à maintenir l'isolation entre deux aquifères différents, par exemple l'aquifère de stockage et un aquifère sus-jacent) est donc un sujet critique quant à la sécurité et la confiance accordée à cette nouvelle technologie. C'est l'objet de l'expérience CS en cours dans le laboratoire souterrain du Mont Terri.

Dans cette expérience, l'argile à Opalinus est considéré comme représentative d'une roche couverture et l'objectif général est d'y étudier l'intégrité d'un puits en fonction de différentes conditions (pression, température et en contact ou non avec du CO_2).

Le dispositif expérimental

Pour cela, une section de puits longue de 2.30 mètres a été reconstruite: classiquement, un puits est constitué d'un cuvelage (casing) cimenté à la formation pour assurer une bonne isolation avec la formation environnante. Après forage, un cuvelage en acier de 2.30 mètres a été placé dans le puits avant de procéder à la phase

de cimentation. Les matériaux utilisés (acier et ciment) et la géométrie des différents éléments (diamètre du forage, du casing, épaisseur de l'annulaire cimenté) sont typiques de ceux utilisés pour les puits pétroliers. La complétion utilisée dans l'expérience CS comprend aussi deux différents «intervalles» (volumes vides remplis d'eau synthétique de composition proche de l'eau porale de l'argile à Opalinus) situés en haut et en bas de la section de puits. Ces deux différents intervalles permettent par l'injection ou l'extraction de fluides:

- 1) de réaliser des tests de pression afin d'estimer la conductivité hydraulique (perméabilité) entre les deux intervalles (signe de l'intégrité du puits);
- 2) d'échantillonner les fluides au long de l'expérience afin de caractériser l'évolution de la chimie des eaux en fonction des réactions entre l'argile, le ciment et l'acier.

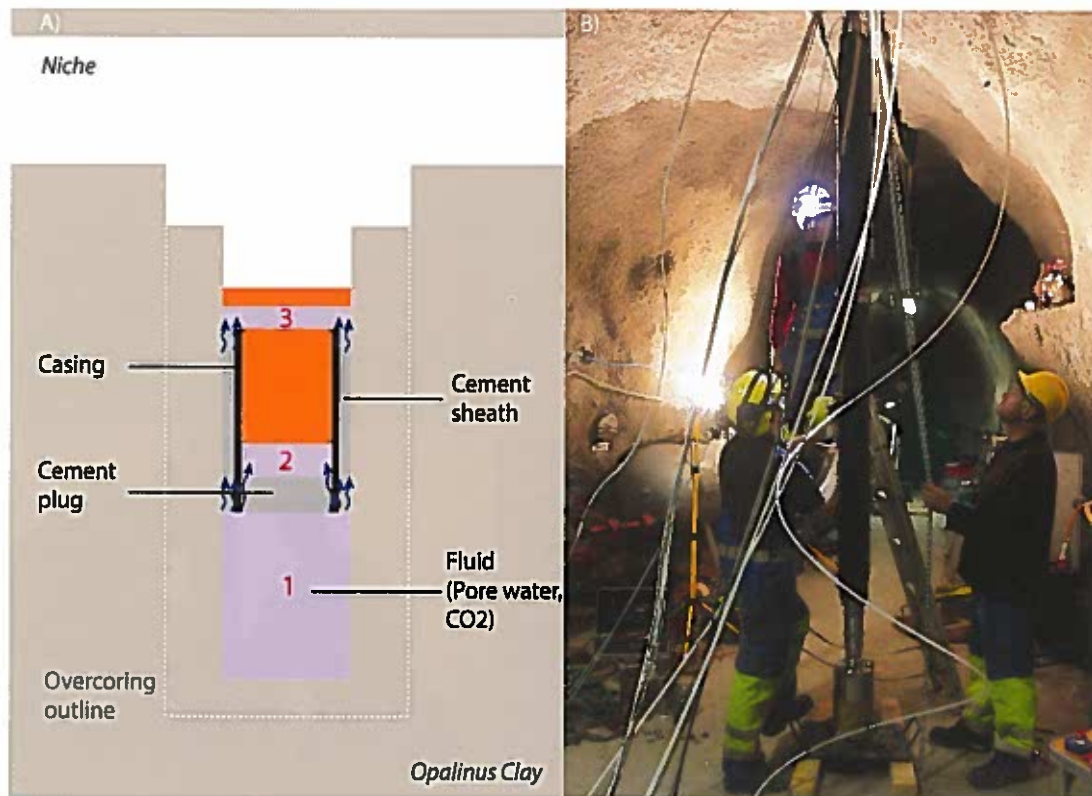
Le système a été installé en octobre 2012 puis progressivement mis en eau jusqu'en février 2013. Depuis lors, les opérations menées et celles prévues visent à caractériser l'évolution de l'intégrité du puits (état de la connexion entre les deux intervalles) et les processus d'interactions géochimiques se produisant aux interfaces argile / ciment / acier dans des conditions différentes: à différentes températures et pressions et dans différents environnements géochimiques (1- dans l'environnement initial dans un premier temps puis; 2- dans un environnement acide - eau avec CO_2 dissous - visant à reproduire le contact entre le puits et du CO_2 qui aurait migré jusqu'à ce puits).

Observation du puits

L'année 2013 a été consacrée à l'observation du puits dans l'environnement géochimique initial (i.e. sans contact avec du CO_2) avec changement progressif de la température du système à tem-

Zusammenfassung

Swisstopo ist das schweizerische Kompetenzzentrum für Geodaten. Die Organisation betreibt das Felslabor Mont Terri und führt auch eigene Experimente durch, wovon hier ein neues vorgestellt wird: Es handelt sich um die CO_2 -Speicherung. Bei der CO_2 -Speicherung wird geprüft, wie dieses Gas durch den Caprock (Opalinuston) migriert. Dabei geht es vor allem um mögliche Gasfließwege und Transportprozesse längs abgedichteter Bohrungen. Durch Überbohrung kann man auch die geochemischen Prozesse zwischen CO_2 , dem Gestein und den Zementabdichtungen in der Bohrung ermitteln.



>> A) Schéma de principe de l'expérience. L'intervalle 1 au fond du forage est rempli avec de l'eau porale (avec ou sans CO_2 dissous selon la période d'étude). L'expérience vise à mesurer les chemins empruntés par le fluide lors de son ascension vers le haut du forage (flèches) où il sera prélevé dans l'intervalle 3. Les intervalles sont séparés par un multi-obturbateur dessiné en orange. B) Illustration de l'installation de l'obturateur hydraulique.

>> A) Prinzipschema des Experiments. Der Bereich 1 am Bohrungs-ende ist mit Porenwasser gefüllt. Beim Versuch wird das Diffundieren durch Beton und Verrohrung ermittelt. B) Installation des Hydraulikventils.

Afin de mieux comprendre la migration du fluide à partir du début de la mise en contact du puits avec le CO_2 , un mélange complet de traceurs a été injecté en même temps que la mise en place du CO_2 . Ce mélange est constitué d'argon, de xénon, d'hélium, de deutérium, de brome et de PFC. Le contenu de l'intervalle du haut est suivi en continu afin de repérer l'arrivée des différents traceurs injectés dans l'intervalle du bas. Une dernière phase consistera à sur-carotter le puits afin d'analyser en laboratoire les changements minéralogiques observés au niveau des interfaces argile / ciment / acier.

pérature initiale (17°C), puis à plus haute température (50°C dans l'intervalle du bas). Des tests à pression imposée permettant une circulation de l'eau porale de l'intervalle du bas vers l'intervalle du haut (pour l'aspect hydraulique) et des prélèvements de fluides ponctuels (pour l'aspect géochimique) ont été réalisés dans les intervalles.

L'année 2014 est consacrée à l'étude du système en contact du CO_2 (eau synthétique initiale mais avec du CO_2 dissous) à température constante (30°C dans l'intervalle du bas). L'objectif est de remplir l'intervalle du bas avec de l'eau contenant du CO_2 dissous puis de faire circuler cette eau vers l'intervalle du haut. Pour cela, l'eau initialement contenu dans l'intervalle du bas a été saturée en CO_2 par injection d'une quantité calibrée de CO_2 gazeux se dissolvant totalement afin d'éviter la présence de CO_2 en phase gazeuse.

Références

Blascheck, P., Joswig, M., Meier, M., Nussbaum, C., Theurillat, T. 2014. SM-B (High resolution seismic monitoring) experiment, Feasibility study, Phase 18. Nanoseismic Monitoring in the rock laboratory and at the Earth's surface by using Seismic Navigating System (SNS). Mont Terri Technical Note TN 2013-12.

Gasda, S. E., Bachu S., Celia, M.A. (2004) Spatial characterization of the location of potentially leaky wells penetrating a deep saline aquifer in a mature sedimentary basin. *Env. Geology*, 46(6-7), 707-720.

Meier, E., Nussbaum, C., Widmer-Schmidrig, R. 2014. Deformations and global forces : Seismic and hydrostatic leveling records in the «Mont Terri» rock laboratory (Switzerland). FIG Congress 2014. Engaging the Challenges, Enhancing the Relevance. Kuala Lumpur, Malaysia, 16 - 21 June 2014.