

Zurich, le 20 janvier 2021

Communiqué de presse**Embargo: 21 janvier / 05.00 h**

Percée pour la géothermie profonde

Des petits pas pour un grand succès

Fin 2020, Geo-Energie Suisse SA (GES) a réussi à apporter la preuve de la faisabilité technique du concept de stimulation par étapes breveté par l'entreprise. La démonstration a eu lieu dans le «Bedretto Underground Laboratory for Geosciences and Geoenergy» de l'ETH de Zurich dans le canton du Tessin. Geo-Energie Suisse espère que le succès rencontré dans le massif du Gothard donnera un nouvel élan au projet pilote de Haute-Sorne (JU) et à la production d'électricité et de chaleur à partir de la géothermie dans toute la Suisse.

Le potentiel de la géothermie en tant que source d'énergie renouvelable et neutre sur le plan climatique est incontesté. La chaleur naturelle de la croûte terrestre ne produit aucune émission de CO₂ et fournit une énergie thermique constante qui peut être utilisée pour la production d'électricité ou directement comme source de chaleur. De plus, une centrale géothermique a un impact négligeable sur le paysage, car elle occupe très peu de surface au sol. A l'heure actuelle, il reste toutefois une difficulté majeure à surmonter pour que l'énergie géothermique puisse être utilisée partout de manière économique comme source d'électricité renouvelable: son développement fiable et indépendant de l'emplacement en dehors des points chauds géothermiques, tels que l'on en trouve en Islande, en Indonésie ou en Nouvelle-Zélande.

Avec le soutien de la Fondation Werner Siemens, l'ETH de Zurich a mis en place une nouvelle infrastructure de recherche pour étudier ces questions. Dans le «Bedretto Underground Laboratory for Geoenergies», il étudie en étroite collaboration avec des partenaires nationaux et internationaux les techniques et les procédés permettant d'utiliser l'énergie géothermique de manière sûre, efficace et sur le long terme. GES, en tant que partenaire externe du laboratoire de Bedretto, a démontré dans le cadre des projets DESTRESS, ZoDrEx et IASS comment un échangeur de chaleur peut être créé avec précaution dans le sous-sol.

Première démonstration en Suisse du concept de stimulation multi-étapes breveté par GES.

En 2006, à Bâle, on a voulu réaliser un réservoir géothermique en une seule étape avec un forage vertical. Les stimulations hydrauliques ont cependant provoqué une sismicité inacceptable. En réponse au défi technique que représente le développement sûr d'un réservoir géothermique, Geo-Energie Suisse a élaboré le concept de stimulation multi-étapes ([vidéo](#)) et l'a fait breveter pour la Suisse en 2012. Le concept consiste à créer un réservoir perméable dans le socle cristallin au moyen d'injections d'eau ciblées à la profondeur de 4 à 5 kilomètres, nécessaire pour la production d'électricité. La stimulation hydraulique est effectuée par sections et par petites étapes successives afin de minimiser le risque de tremblement de terre qui lui est associé. Une série de segments de réservoir sont générés le long d'un forage dévié à l'horizontale. Ceux-ci sont ensuite recoupés par un second forage horizontal. Cela crée un grand échangeur de chaleur souterrain à l'aide duquel de l'électricité peut être produite et de la chaleur peut être exploitée dans la centrale géothermique. La démonstration que ce concept de stimulation par étapes fonctionne a désormais été apportée pour la première fois en Suisse, dans le laboratoire de Bedretto de l'ETH de Zurich.

Etape importante pour l'utilisation de la géothermie profonde en Suisse

«Nous avons réussi à augmenter la perméabilité du granit compact du massif du Gothard d'un facteur 10 à 100 grâce à des stimulations ciblées, ainsi qu'à mesurer et à contrôler les microséismes nécessaires au

développement des fissures», explique le Dr Peter Meier, CEO de Geo-Energie Suisse, qui ajoute : «Je suis convaincu que cette percée est une étape clé sur la voie de la première centrale de géothermie profonde en Suisse. D'une part, parce que la perméabilité obtenue dans l'un des deux forages correspond à la transmissivité nécessaire pour une utilisation économique. D'autre part, et c'est là le point central, la microsismicité associée aux stimulations était, avec une magnitude maximale de -1,8 Mw sur l'échelle de Richter, environ 1 million de fois plus faible qu'à Bâle». GES a obtenu ce succès dans le cadre de projets de démonstration et d'innovation avec la participation de partenaires nationaux et internationaux (voir encadré). La prochaine étape sera l'évaluation scientifique par l'ETH de Zurich, l'EPFL et l'Université de Neuchâtel. Ces évaluations constituent la base du futur programme de stimulation du projet pilote de Geo-Energie Suisse sur le site de Haute-Sorne, dans le canton du Jura. Un autre objectif intermédiaire, atteint avec succès par GES, a été la qualification et la validation de nouveaux composants techniques importants pour la sécurité ou permettant une réalisation plus économique du réservoir géothermique profond. D'autres travaux de qualification et de validation sont prévus pour 2021, 2022 et 2023.

La coopération internationale comme clé de la fiabilité et du développement des innovations

GES pourra valider dans le courant de l'année les connaissances acquises dans le laboratoire de Bedretto sur le site d'essai américain FORGE Utah (Frontier Observatory for Research in Geothermal Energy), dont GES est partenaire industriel, dans le domaine des hautes températures. L'accent est mis ici sur l'utilisation de capteurs sismiques pour surveiller et contrôler la microsismicité induite - un élément clé pour la stimulation sûre du sous-sol profond. Il s'agit-là d'un élément supplémentaire visant à augmenter les chances de succès et la sécurité du premier projet pilote de géothermie profonde en Suisse, en Haute-Sorne dans le Jura, et à promouvoir ainsi l'utilisation de la géothermie profonde en Suisse.

Le succès donne un nouvel élan au projet pilote de Haute-Sorne

Fin juin 2020, l'Office fédéral de l'énergie a augmenté d'un tiers la contribution à exploration pour le projet de géothermie profonde de Haute-Sorne ([voir le communiqué de presse de l'OFEN](#)). Avec cette subvention, la Confédération soutient des mesures complémentaires pour le projet de Haute Sorne qui réduiront encore le risque de tremblements de terre dommageables, comme le recommande le Service sismologique suisse (SED) à l'ETH de Zurich. Les instruments et méthodes correspondants ont également été testés avec succès et leur efficacité a été confirmée dans le cadre du projet de démonstration dans le laboratoire de Bedretto. Un succès de plus qui pourrait s'avérer décisif pour le projet pilote de Haute-Sorne. «Nous espérons que la percée réalisée dans le laboratoire de Bedretto renforcera la confiance du Gouvernement jurassien et des autorités de surveillance dans le concept de sécurité du projet pilote de Haute-Sorne, et que nous pourrions commencer les préparatifs pour le forage d'exploration avant la fin de cette année», déclare Peter Meier.

Geo-Energie Suisse reste attachée à l'approche par étapes du projet pilote de Haute-Sorne et est convaincue que l'expérience acquise à ce jour dans le laboratoire de Bedretto et bientôt dans l'Utah, ainsi que le soutien supplémentaire de l'OFEN, rendront le projet de Haute-Sorne encore plus sûr. Le succès du projet de démonstration dans le laboratoire de Bedretto renforce l'espoir que l'avenir de la production d'électricité renouvelable, sans CO₂ et propre à partir du sous-sol profond débutera dans le canton du Jura. Selon Peter Meier, «ces innovations et ces résultats profiteront à la politique énergétique et climatique suisse ainsi qu'à toute l'industrie géothermique émergente».

Aperçu des principaux résultats

- Geo-Energie Suisse a réussi à créer un réservoir géothermique perméable dans le granit du massif du Gothard à partir de deux forages, respectivement de 350 et 400 mètres de long, réalisés dans la galerie du laboratoire de Bedretto. Pour ce faire, 10 sections de forage isolées les unes des autres ont été stimulées hydrauliquement, par étapes successives.
- La microsismicité induite par les stimulations, avec des magnitudes (Mw) comprises entre -3,3 et -1,8 Mw, était environ 1 million de fois moins forte que le tremblement de terre qui a entraîné l'abandon du projet de géothermie de Bâle en 2006. [Distribution spatiale de la microsismicité](#) / [évolution temporelle de la microsismicité](#) (deux vidéos).
- Des procédés de détection, de mesure et de contrôle, testés pour la première fois, ont permis l'observation et le contrôle de la stimulation hydraulique. Cela augmente la sécurité lors de la création de

réservoirs géothermiques dans la roche cristalline. Une méthode de prévision de la sismicité développée par l'ETH de Zurich a été utilisée avec succès au cours du projet de démonstration. [Illustration.](#)

- Un maximum de 100 mètres cubes d'eau a été injecté par intervalle de stimulation, en conformité avec l'étude de risque réalisée au préalable. De cette façon, l'étendue du système de fractures stimulées a pu être limitée afin de maintenir une faible sismicité. Malgré le faible volume d'injection (environ 120 fois moins qu'à Bâle), la perméabilité des intervalles stimulés a été augmentée en moyenne d'environ un à deux ordres de grandeur (facteur 10 à 100). [Vidéo augmentation de la perméabilité.](#)
- La perméabilité de l'un des deux forages (transmissivité $> 1e-4$ m²/s) serait suffisamment élevée pour une utilisation économique dans un projet de géothermie profonde.
- La zone stimulée des forages dans la galerie du laboratoire de Bedretto est située à une profondeur de 1400 mètres. Cela correspond à un peu moins d'un tiers de la profondeur-cible du réservoir de Haute-Sorne (4000 - 5000 mètres). La contrainte minimale dans le laboratoire de Bedretto est environ un quart de celle mesurée à Bâle à une profondeur de 5000 mètres. Les perméabilités naturelles des fractures (avant stimulation) sont de l'ordre de celles mesurées dans le socle cristallin du nord-est de la Suisse dans les forages profonds réalisés par la Nagra dans le cadre du programme sur les roches cristallines des années 1980.
- Le diamètre du trou de forage (22 cm) correspond à celui du projet pilote prévu par Geo-Energie Suisse en Haute-Sorne et sa longueur en représente environ le tiers. L'expérience du laboratoire de Bedretto montre que les forages fortement inclinés ou horizontaux dans le granit sont également techniquement et économiquement réalisables.
- En mars - avril 2021, le réservoir doit être agrandi grâce à un volume d'injection plus important.
- Le succès du projet de démonstration est le résultat d'une coopération nationale et internationale en matière d'innovation. Il bénéficie à l'ensemble de l'industrie géothermique suisse afin d'accroître la sécurité et les chances de succès des futurs projets.

LES PARTENARIATS DE PROJETS :

DESTRESS *Demonstration of soft stimulation treatments of geothermal reservoirs*

www.destress-h2020.eu/en/demonstration-sites/bedretto , financé par le Secrétariat d'État à l'éducation, à la recherche et à l'innovation (SERI) sous les numéros de contrat 15.0316-1, 691728.

ZoDrEx *Zonal Isolation, Drilling & Exploitation*

www.geothermica.eu/projects/zodrex , financé par l'Office fédéral de l'énergie (OFEN).

IASS *Innovative Acquisition Systems and Software for Deep Geothermal Evaluation and Monitoring*,

en collaboration avec Utah FORGE www.utahforge.com, financé par l'Office fédéral de l'énergie (OFEN).

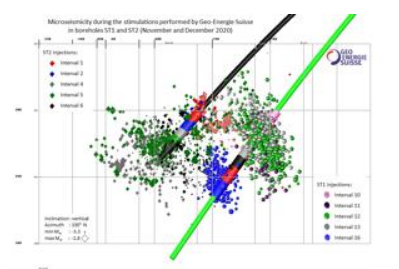
Informations complémentaires

Français : Olivier Zingg, Chef de projet Suisse romande, Tel. +41 79 321 43 20

Allemand : Peter Meier, CEO Geo-Energie Suisse, Tel +41 79 248 48 65

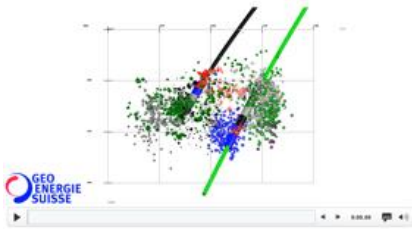
Images de presse (Thumbnails, Caption et Copyright)

Les fichiers originaux peuvent être téléchargés à l'adresse suivante: <https://fr.geo-energie.ch/bedretto2020/>



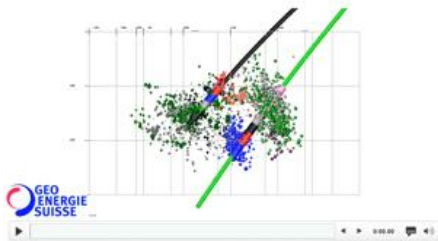
La figure montre la distribution spatiale de la microsismicité qui s'est développée séquentiellement dans 10 intervalles de stimulation isolés les uns des autres, ce qui a entraîné la formation de microfissures permanentes dans la roche granitique.

Les stimulations ont été réalisées par Geo-Energie Suisse SA dans le laboratoire de Bedretto de l'ETH de Zurich en novembre et décembre 2020. © Geo-Energie Suisse



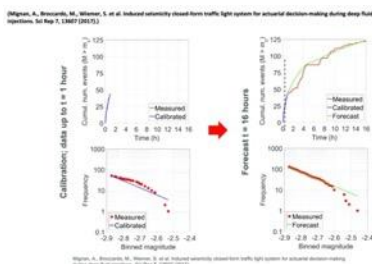
La vidéo montre la distribution spatiale de la microsismicité qui s'est développée séquentiellement dans 10 intervalles de stimulation isolés les uns des autres, ce qui a entraîné la formation de microfissures permanentes dans la roche granitique.

Les stimulations ont été réalisées par Geo-Energie Suisse SA dans le laboratoire de Bedretto de l'ETH de Zurich en novembre et décembre 2020. © Geo-Energie Suisse

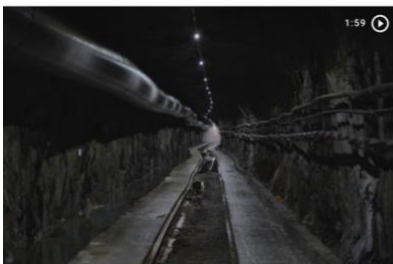


La vidéo montre l'évolution temporelle de la microsismicité qui s'est développée séquentiellement dans 10 intervalles de stimulation isolés les uns des autres, ce qui a entraîné la formation de microfissures permanentes dans la roche granitique.

Les stimulations ont été réalisées par Geo-Energie Suisse SA dans le laboratoire de Bedretto de l'ETH de Zurich en novembre et décembre 2020. © Geo-Energie Suisse

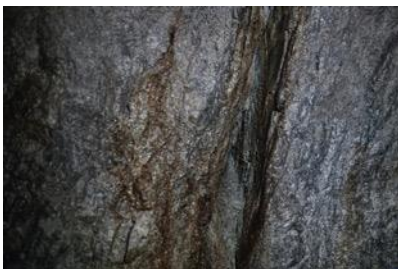


La figure illustre un procédé développé par l'ETH de Zurich pour prédire la sismicité lors de stimulations hydrauliques. La méthode a été utilisée avec succès dans le laboratoire de Bedretto de l'ETH de Zurich en novembre et décembre 2020 dans le cadre du projet de démonstration du concept de stimulation multi-étapes de Geo-Energie Suisse SA. © Geo-Energie Suisse



La vidéo montre l'ouverture du forage ST1 à une profondeur de 265 mètres (sur 400). La perméabilité des fractures aquifères (transmissivité) augmente visiblement : Malgré l'activation de trois pompes, la cave du forage est inondée.

© Geo-Energie Suisse



Fissure naturelle dans le granit compact du massif du Gothard dans le laboratoire de Bedretto de l'ETH de Zurich, visible dans la paroi de la galerie d'accès au laboratoire souterrain.

© Geo-Energie Suisse



Installation dans le laboratoire de Bedretto de l'ETH de Zurich d'une chaîne de sismomètres dans le forage ST1 afin de surveiller les stimulations dans le forage ST2. Les travaux ont été réalisés sous la direction de Geo-Energie Suisse.

© Geo-Energie Suisse



Installation dans le laboratoire de Bedretto de l'ETH de Zurich d'une chaîne de sismomètres dans le forage ST1 afin de surveiller les stimulations dans le forage ST2. Les travaux ont été réalisés sous la direction de Geo-Energie Suisse.

© Geo-Energie Suisse



Installation de packers pour isoler les intervalles de stimulation dans le forage ST2 du laboratoire de Bedretto de l'ETH de Zurich. Les travaux ont été réalisés sous la direction de Geo-Energie Suisse.

© Geo-Energie Suisse



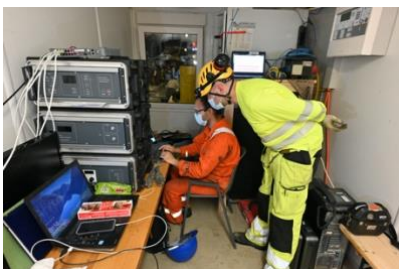
Installation de packers pour isoler les intervalles de stimulation dans le forage ST2 du laboratoire de Bedretto de l'ETH de Zurich. Les travaux ont été réalisés sous la direction de Geo-Energie Suisse.

© Geo-Energie Suisse



Assemblage d'équipements de mesure innovants pour la surveillance et le contrôle de la microsismicité induite.

© Geo-Energie Suisse



Analyse des données de mesure sismiques dans le laboratoire de Bedretto de l'ETH de Zurich.

© Geo-Energie Suisse



Analyse des données de mesure sismiques dans le laboratoire de Bedretto de l'ETH de Zurich.

© Geo-Energie Suisse

Informations sur Geo-Energie Suisse SA et sur le projet de Haute-Sorne et le «Bedretto Underground Laboratory for Geosciences and Geoenergy» de l'ETH de Zurich

À propos de Geo-Energie Suisse

Geo-Energie Suisse SA est le centre de compétence suisse en géothermie profonde pour la production d'électricité et de chaleur. La société fête en 2021 ses 10 ans d'existence. Ses membres fondateurs comprennent des services industriels ainsi que des fournisseurs d'énergie régionaux de toute de la Suisse (aet, EBL, ewz, EOS, ewb, GVM, iw). Geo-Energie Suisse emploie une dizaine de collaborateurs et est également soutenue ponctuellement par de nombreux spécialistes externes. <https://fr.geo-energie.ch/>

À propos du projet de géothermie de Haute-Sorne

Le projet de Haute-Sorne vise à démontrer la faisabilité technique de la production d'électricité et de chaleur à partir de l'énergie géothermique. Pour ce faire, une nouvelle méthode développée par Geo-Energie Suisse est mise en œuvre. Grâce à des stimulations multi-étapes finement dosées, la perméabilité de la roche peut être augmentée tout en réduisant le risque sismique. Dans la première phase du projet, un puits d'exploration sera foré afin d'étudier le sous-sol et clarifier ainsi son potentiel d'exploitation. Ce n'est qu'après l'évaluation détaillée des résultats des mesures qu'une décision sera prise quant à la poursuite du projet.

<https://www.geo-energie-jura.ch/> Brochure « Géothermie profonde – Projet pilote de Haute-Sorne »

À propos du *Bedretto Underground Laboratory for Geosciences and Geoenergy* de l'ETH de Zurich

Dans le laboratoire de Bedretto, l'ETH de Zurich effectue des recherches sur les techniques et les procédés permettant une utilisation sûre, efficace et durable de l'énergie géothermique, en étroite collaboration avec des partenaires nationaux et internationaux. Une infrastructure de recherche unique a été construite à cette fin. Elle est située à 1,5 km sous la surface, au milieu d'un tunnel de 5,2 km de long qui relie le Tessin au tunnel de la Furka. Pour atteindre ces objectifs, la présence d'un réservoir suffisamment perméable et accessible à long terme est nécessaire. Les chercheurs mènent des expériences pour étudier les processus géothermiques. Dans plusieurs forages, ils ont placé un grand nombre de capteurs capables de suivre les plus petits changements de contrainte, de pression et de mouvements des fluides. Ce n'est que dans un laboratoire souterrain qu'une surveillance aussi étroite est possible et abordable. Le laboratoire de Bedretto est financé par l'ETH de Zurich et la Fondation Werner Siemens. Les projets du laboratoire de Bedretto sont financés par des partenaires nationaux et internationaux, dont l'Office fédéral de l'énergie, l'Union européenne et le Fonds national suisse de la recherche scientifique.

www.bedrettolab.ethz.ch