

Zeitschrift:	Swiss bulletin für angewandte Geologie = Swiss bulletin pour la géologie appliquée = Swiss bulletin per la geologia applicata = Swiss bulletin for applied geology
Herausgeber:	Schweizerische Vereinigung von Energie-Geowissenschaftern; Schweizerische Fachgruppe für Ingenieurgeologie
Band:	26 (2021)
Heft:	1
Artikel:	Le rôle de la recherche et de l'innovation et la diffusion sur le marché
Autor:	Lupi, Nicole / Siddiqi, Gunter
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-977316

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 12.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Le rôle de la recherche et de l'innovation et la diffusion sur le marché

Nicole Lupi¹, Gunter Siddiqi¹

1 Introduction

En ratifiant l'Accord de Paris, la Suisse avait fixé comme objectif à long terme une réduction des émissions de gaz à effet de serre de 70 à 85 % par rapport à leur niveau de 1990 d'ici à l'horizon 2050. Lors de sa séance du 28 août 2019, le Conseil fédéral a décidé de revoir cet objectif à la hausse, en visant la **neutralité climatique** à partir de 2050. D'ici à 2050, la Suisse ne devra donc plus rejeter dans l'atmosphère davantage de gaz à effet de serre que ce que les réservoirs naturels et artificiels sont capables d'absorber. C'est un objectif ambitieux qui reflète une nécessité: avec des températures augmentant deux fois plus vite que la moyenne mondiale, la Suisse est particulièrement touchée par les changements climatiques. Cet objectif zéro émission nette constitue la pierre angulaire de la Stratégie climatique 2050 de la Suisse que le Conseil Fédéral a remis au Secrétariat des Nations Unies sur les changements climatiques. La stratégie climatique à long terme expose les opportunités et défis liés à un abaissement à zéro des émissions nettes de gaz à effet de serre, et indiquera les mesures à prendre et les orientations à suivre aux niveaux technique, politique et social. Elle prend en compte et complète les stratégies déjà élaborées par la Confédération dans d'autres domaines concernés par la politique climatique, telle que les nouvelles perspectives énergétiques de l'Office fédéral de l'énergie récemment publiées. À l'aide de divers scénarios, elles montrent les trajectoires des émissions vers les objectifs à long

terme et évoquent **les développements technologiques et mesures nécessaires pour les atteindre**. Alors que le rôle des technologies d'émission négative reste encore à définir en détail, les technologies actuelles et **l'utilisation d'énergies renouvelables** jouent un rôle crucial, notamment pour réduire drastiquement les émissions de CO₂ générées par les secteurs des transports, du bâtiment et de l'industrie.

2 Le rôle de la recherche et de l'innovation et la diffusion sur le marché

En 2019, les énergies renouvelables comprenaient pour 24.1% de la consommation totale d'énergie en Suisse. Cela peut sembler encore peu car cela implique que la Suisse est encore très dépendante des importations d'énergies fossiles étrangères. Pourtant le développement des énergies renouvelables est singulier. Compte tenu du potentiel considérable des énergies renouvelables en Suisse, ce nombre montre surtout qu'il y a un potentiel réel de développement futur et qu'il faut **stimuler la contribution de toutes les ressources renouvelables disponibles**. Les success stories que sont le déploiement des pompes à chaleur (chaleur ambiante) et de l'énergie solaire montrent que la Suisse sait créer un environnement propice pour déployer **des énergies renouvelables performantes et compétitives**.

L'analyse de ces success stories montre que le déploiement d'une énergie renouve-

¹ Office fédéral de l'énergie

lable est déterminé par l'action combinée de deux facteurs principaux, à savoir (a) **la recherche et l'innovation** (research/technology push), c'est-à-dire les facteurs qui augmentent l'offre d'options technologiques répondant à un défi technique et (b) sa **diffusion sur le marché** (market pull), c'est-à-dire les facteurs qui stimulent la demande de technologies spécifiques. Dans un premier temps, la recherche permet d'accumuler des connaissances et de développer des idées innovantes pour répondre aux défis énergétiques concrets. C'est une phase d'**apprentissage par la recherche**, caractérisée par des coûts de production encore élevés et des performances encore limitées. Mais la compétitivité et les performances s'améliorent à chaque percée technologique qui rapproche la technologie un peu plus près du marché. Ces innovations sont testées à plusieurs échelles, d'abord conceptuellement, puis en laboratoire et finalement sur le terrain avec des projets pilotes et de démonstration servant de transition vers la diffusion sur le marché. Cette diffusion sur le marché débute donc par une phase d'**apprentissage par la pratique** durant laquelle on constate une amélioration des connaissances à chaque réalisation de projet. Les performances et la compétitivité sont améliorées à chaque itération de la boucle vertueuse caractérisée par la répétition, les essais et le retour d'information. Suit ensuite le déploiement massif sur le marché grâce **aux économies d'échelle** qui permettent de voir le nombre de projets

croître plus rapidement que les coûts d'investissement. Ce mouvement concerté de research push – market pull est favorisé d'une part, par le **partage de connaissances et le retour d'expérience** et, d'autre part, par un **soutien socio-politique** permettant de maximiser les chances que les nouvelles technologies soient adoptées par le grand public.

Le **rôle de la Confédération** est de **trouver l'équilibre** entre les mesures de poussée technologique et les mesures de diffusion sur le marché et d'**adapter** cet équilibre au fil du temps, des évolutions technologiques ainsi que du taux de pénétration du marché de l'énergie renouvelable en question. En effet, les mesures de diffusion sur le marché doivent être conçues de manière à envisager leur élimination progressive une fois que les technologies ont atteint un certain niveau de maturité. Pour ce faire, la Confédération est dotée d'**une boîte à outils de mesures** allant du financement de la recherche et de l'innovation, au soutien à la formation à, du côté des mesures de diffusion sur le marché, l'établissement d'objectifs et d'un environnement réglementaire adéquat pour les atteindre ou encore des programmes de subventions.

Cela a fonctionné pour l'énergie solaire. En Suisse, les investissements publics dans la recherche et l'innovation dans le domaine de l'énergie solaire ont débuté dans les années 1980. Il a alors fallu environ 30 ans pour passer de 1.5 GWh à 50 GWh. Puis, avec l'in-

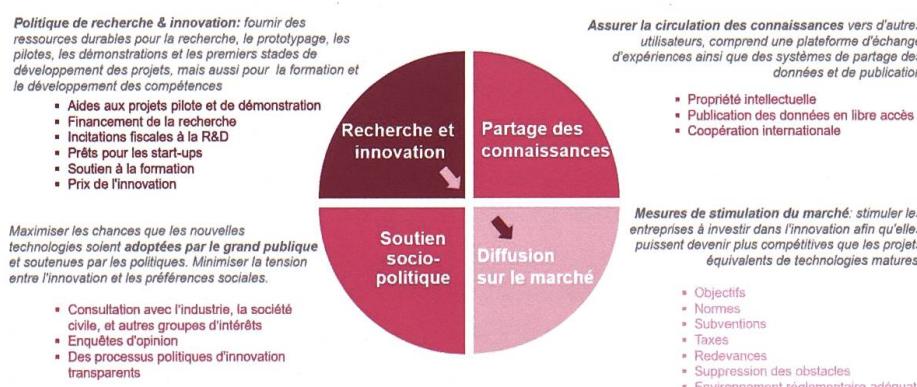


Fig. 1: La boîte à outils des mesures disponibles.

roduction de mesures de diffusion sur le marché (RPC, contributions), il n'a fallu que seulement 10 ans pour atteindre 2'200 GWh d'électricité à partir du solaire photovoltaïque. Cette approche doit maintenant être **répliquée afin de renforcer le mix énergétique suisse.**

3 Application au contexte suisse de la géothermie

Force est de constater que **la géothermie** est une énergie renouvelable **flexible** ayant les capacités pour renforcer le mix énergétique suisse. C'est une énergie **renouvelable et durable, indigène et locale** favorisant l'indépendance énergétique de la Suisse, **versatile** car elle permet la production de chaleur, d'électricité mais également le stockage saisonnier d'énergie, **continue** permettant une charge de base telle qu'assurait jusqu'à présent l'énergie nucléaire, **disponible** entre 85% et 95% de l'année, **propre et favorable au climat** et avec un **faible impact visuel**. Le principal frein du développement de la géothermie en Suisse est **le risque géologique très élevé**, c'est-à-dire le risque technique de ne pas trouver la ressource géothermique escomptée pour l'utilisation en surface planifiée. Ceci est principalement dû au fait que les connaissances du sous-sol suisse sont très lacunaires, notamment à cause du manque d'expérience en exploration pétrolière et gazière sur le territoire. Le principal défi que pose le développement de projets géothermiques lorsque le sous-sol est peu connu est la combinaison de ce risque géologique à des **coûts d'investissement élevés pour les activités de mise en valeur du sous-sol**, comme les forages ou les activités de stimulation des réservoirs géothermiques qui permettraient de débloquer le plus grand potentiel de production d'électricité à partir de cette énergie renouvelable.

Pour faire face à ces obstacles, la Confédération a choisi d'axer les activités de **recherche et d'innovation dans le domaine**

de la géothermie sur les 3 objectifs principaux suivants:

- a. **Augmenter la probabilité de succès des projets de géothermie:** en développant des techniques de prospection et d'exploration efficaces et moins coûteuses que les méthodes conventionnelles et permettant d'améliorer les connaissances du sous-sol et de réduire le risque géologique.
- b. **Réduire les coûts techniques de production (CHF/MWh):** en améliorant la compétitivité et les performances des technologies utilisées pour la mise en valeur du sous-sol.
- c. **Accroître le rendement énergétique intégré:** en développant toutes les applications de l'énergie géothermique (chaleur, électricité et stockage).

Elle y consacre environ 25 mio CHF par an, soit environ 5 à 10% des capacités financières engagées dans la recherche énergétique chaque année. Des nombreuses universités cantonales et du domaine des EPF travaillent à atteindre les trois objectifs cités ci-dessus. On pourra mentionner, entre autres, les travaux de recherche de l'Université des sciences appliquées de Suisse orientale sur un logiciel permettant de quantifier la «valeur de l'information» des campagnes d'exploration, les travaux du SED sur la sécurité réglementaire pour minimiser les risques de sismicité induite ou encore le projet Elegancy pour la décarbonisation des systèmes énergétiques. Le programme SCCER-SoE, débuté en 2014 et qui prendra fin cette année, a permis de rassembler des chercheurs alors que le paysage de la recherche et du développement de la géothermie était disparate et fragmenté. Entre autres, les travaux des laboratoires au Grimsel et au Bedretto s'avèrent extrêmement précieux, notamment pour se rapprocher des conditions *in situ*. Ce programme sera remplacé dès cette année par le programme SWEET qui est un

ample appel à projets axé sur les défis énergétiques au sens large, donc non spécifique à la géothermie. La Suisse est très engagée dans la recherche sur son territoire mais également sur la scène internationale. Elle est un partenaire actif des programmes de recherche européens et américains, tels que GEOTHERMICA ou encore Accelerating CCS Technologies ainsi que de différentes agences et accords multilatéraux (IPGT, IEA Geothermal).

En ce qui concerne la **diffusion de la géothermie sur le marché suisse**, l'essence des mesures de soutien à la géothermie est de **mitiger le risque géologique**. La Confédération a mis en place au 1.1.2018 de nouvelles mesures de soutien pour:

- **la production d'électricité:** dans le cadre de la loi sur l'énergie (LEne), les projets de géothermie peuvent bénéficier de **contributions à la prospection, à l'exploration ainsi que de garanties**. Un budget maximal de 50 mio CHF par an jusqu'en 2031 est dédié à ces mesures. De plus, comme toutes les autres énergies renouvelables, les projets de géothermie peuvent bénéficier de la **RPC** jusqu'en 2023. La LEne est actuellement en révision.
- **l'utilisation directe de la géothermie pour la production de chaleur:** des **contributions à la prospection et à la mise en valeur** disposant d'un budget annuel maximal de 30 mio CHF sont dis-

ponibles dans la loi sur le CO₂ jusqu'en 2035. La loi sur le CO₂ est également actuellement en révision.

Dès lors, **la géothermie connaît un nouvel essor**. Dans le cadre de la production de chaleur, cinq contributions ont été octroyées pour un montant total d'env. 58 mio CHF. Deux projets de production d'électricité ont également reçu un soutien fédéral d'un montant total de 102 mio CHF. Ce nombre de contribution octroyées est **remarquable** vu le long temps de planification des projets de géothermie. De nombreux projets sont soit en cours de planification, soit en cours d'évaluation pour une contribution. Ces projets représentent une production cumulée de chaleur d'environ 300 GWh à partir des systèmes hydrothermaux seuls (sans compter la chaleur cogénérée par les projets électriques) et 40-95 GWh électrique (plus 250 à 340 GWh de chaleur cogénérée) d'ici 2025-2030. Les travaux de prospection, d'exploration, de mise en valeur et de réalisation de projets de géothermie génèrent de **très grandes quantités de données sur le sous-sol suisse**. Tout projet recevant une contribution doit remettre l'intégralité de ces données à la Confédération (swisstopo), qui a le droit de les utiliser et de les adapter dans le cadre de ses bases légales. Ces données collectées sont **mises à la disposition du public** après un court délai de protection. Elles augmenteront l'état des connaissances sur le sous-sol suisse et contribueront à **réduire le risque géologique des projets subséquents**.

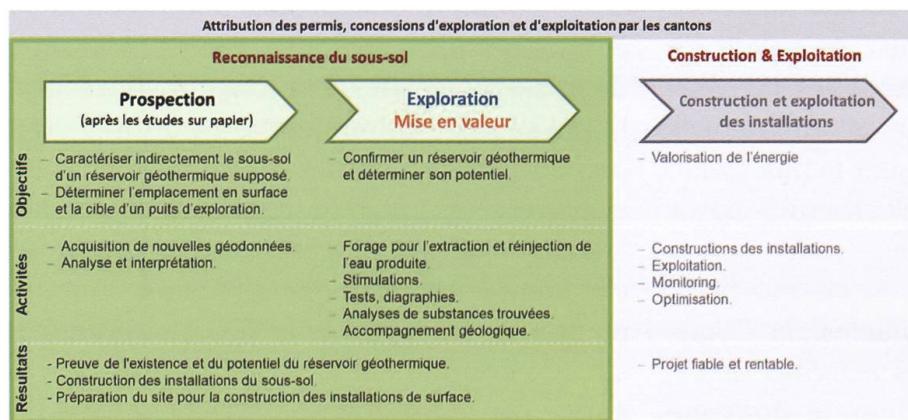


Fig. 2: Principe de base des mesures de soutien fédérales - La mitigation du risque géologique.

La géothermie est également stimulée par les **conditions-cadres favorables au niveau cantonal**. Plusieurs cantons travaillent à la clarification et à l'amélioration des conditions cadres pour la géothermie (ex: Loi sur les Ressources Naturelles du Sous-Sol, LRNSS, 2019, Canton de Vaud) et intègrent la géothermie dans leur stratégie énergétique cantonale.

4 Conclusions

La pérennité de mesures adéquates dans les domaines de la recherche et de l'innovation et de la diffusion sur le marché est essentielle pour améliorer les performances et la compétitivité des applications de la géothermie et permettre ainsi la réalisation de son plein potentiel de contribution à la stratégie énergétique et climatique de la Suisse.

Assistant Professor (Tenure Track) of Engineering Geology

- The Department of Earth Sciences (www.erdw.ethz.ch) at ETH Zurich invites applications for the above-mentioned position.
- The professorship offers long-term funding to create and oversee an innovative research programme directed at engineering geology. Specific relevant disciplines include the geological aspects of engineered structures (tunnels, bridges, dams, landfills, nuclear repositories), development of near-surface resources (groundwater, geothermal energy, carbon sequestration and mineral deposits) and the assessment and mitigation of geohazards and georisks. The successful candidate will combine an array of approaches, e.g., field measurements, in-situ laboratories, remote sensing technology and numerical simulations at scales ranging from the laboratory to the large field scale. A strong analytical background is expected. She or he has a proven record of innovative research, and the ability to connect with companies and government agencies dealing with Engineering Geology topics of high societal relevance.
- At the assistant professor level, commitment to teaching and the ability to lead a research group are expected. The new professorship will contribute to introductory and advanced courses in engineering geology, and teach relevant field and laboratory methods, albeit at the moderate level recommended by ETH for assistant professors.
- Assistant professorships have been established to promote the careers of younger scientists. ETH Zurich implements a tenure track system equivalent to other top international universities. In exceptional circumstances we will also consider an appointment at the level of Full Professor.
- The Department of Earth Sciences at ETH Zurich is actively striving to increase the number of women professors in order to build a more diverse scientific community.
- Please apply online: www.facultyaffairs.ethz.ch
- Applications should include a curriculum vitae, a list of publications, a statement of future research and teaching interests, and a description of the three most important achievements. The letter of application should be addressed **to the President of ETH Zurich, Prof. Dr. Joël Mesot. The closing date for applications is 15 September 2021.** ETH Zurich is an equal opportunity and family friendly employer, strives to increase the number of women professors, and is responsive to the needs of dual career couples.