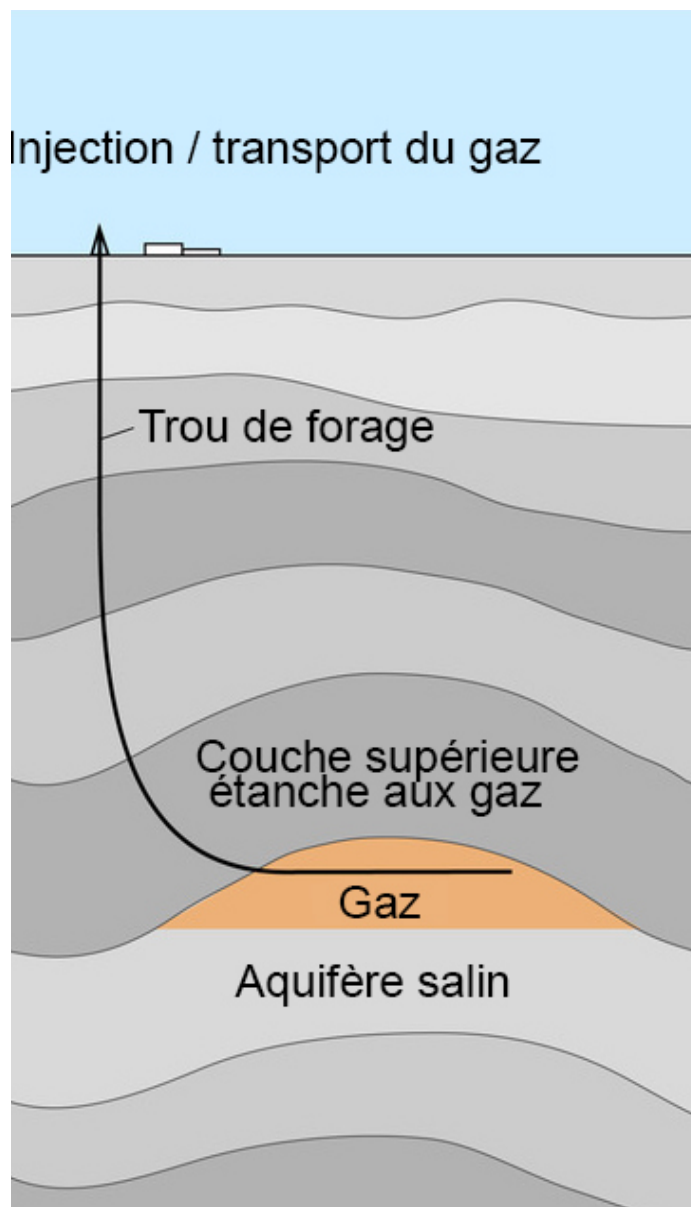


DU GAZ RENOUVELABLE ISSU DU SOUS-SOL SUISSE

Un projet de recherche actuel suscite l'espoir que le sous-sol suisse puisse être utilisé comme réservoir de gaz renouvelable. Il s'agit d'un processus au cours duquel des micro-organismes transforment de l'hydrogène et du dioxyde de carbone renouvelables en méthane, le principal composant du gaz naturel. Des chercheurs de l'Université de Berne ont repérés sur le Plateau suisse des formations rocheuses poreuses susceptibles d'être utilisées pour ce qu'on appelle la géométhanisation.

Les technologies Power-to-Gas permettent de transformer l'électricité en gaz. Pour ce faire, on utilise souvent un électrolyseur qui décompose l'eau en hydrogène et en oxygène sous l'effet de l'électricité. Si l'électrolyseur est alimenté par de l'électricité d'origine renouvelable (par ex. photovoltaïque), de l'hydrogène renouvelable est produit. L'hydrogène peut être utilisé à des fins énergétiques. Il peut également être transformé en méthane (« méthanisation ») par l'ajout de dioxyde de carbone (CO₂). La méthanisation requiert idéalement quatre parts d'hydrogène et une part de CO₂. Ce dernier est notamment produit par les processus industriels. Ce gaz à effet de serre, lequel est généralement rejeté dans l'atmosphère, se prête bien à la production de méthane renouvelable en combinaison avec de l'hydrogène renouvelable.



Les roches poreuses du sous-sol suisse sont toujours remplies d'eau. Les zones d'eau douce sont réservées à l'approvisionnement en eau potable, c'est pourquoi un réservoir poreux pour la géométhanisation utiliserait probablement une roche poreuse remplie d'eau salée. Les géologues appellent une telle roche un aquifère salin. Illustration: Université de Berne

Le méthane renouvelable est neutre en termes de CO₂ dans la mesure où il libère exactement la même quantité de CO₂ que celle utilisée pour sa production lors de sa combustion. Le gaz méthane présente en outre l'avantage d'être comparativement facile à stocker. Il peut être utilisé pour stocker l'électricité qui ne trouve pas preneur pendant les mois d'été, jusqu'à ce que l'énergie soit nécessaire pendant les mois d'hiver où la consommation est élevée (sous forme de gaz ou reconvertie en électricité). Les technologies power-to-gas pourraient donc jouer un rôle important dans l'approvisionnement futur de la Suisse en énergie renouvelable.

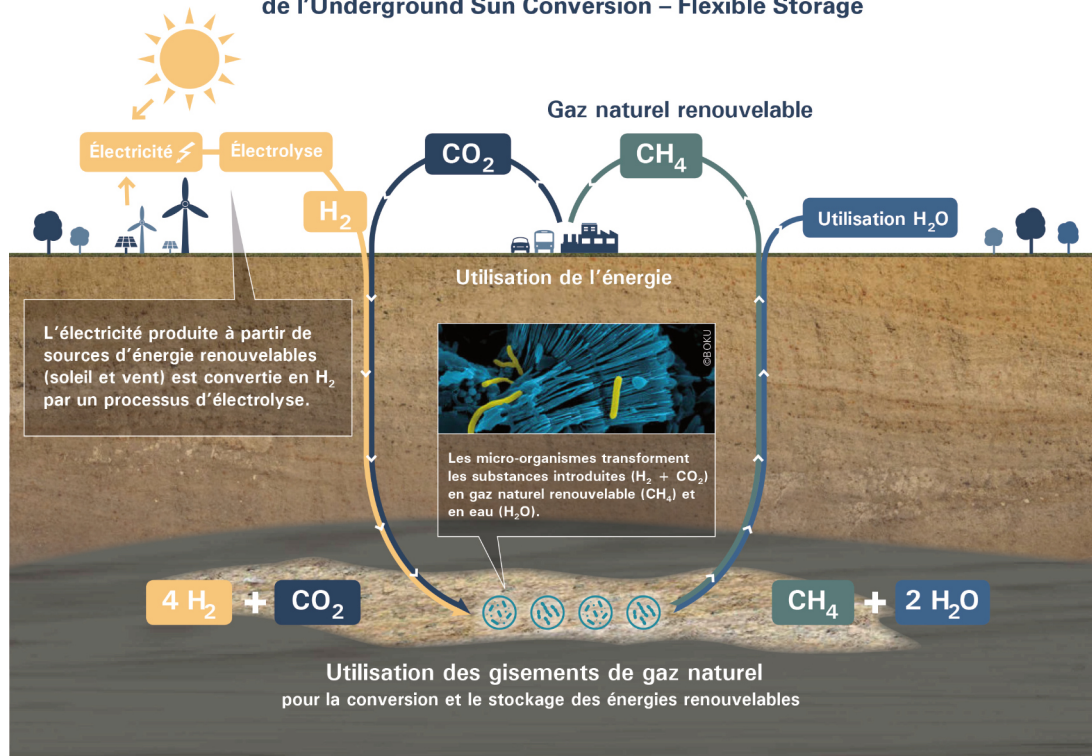
Les micro-organismes produisent du méthane

Le méthane peut être stocké dans des réservoirs, des cavernes ou des gazoducs, mais seulement en quantités limitées. Les formations rocheuses poreuses, à partir desquelles le gaz naturel était autrefois extrait, offrent une autre possibilité de stockage. Les gisements de gaz naturel exploités sont utilisés dans le monde entier pour le stockage à grande échelle et à long terme du gaz naturel, par exemple par l'entreprise autrichienne de stockage de gaz RAG Austria AG. Cette entreprise a fait une découverte remarquable il y a une dizaine d'années: lorsque l'hydrogène et le CO₂ sont introduits dans le

sous-sol dans des conditions appropriées, les micro-organismes (archées) qui y sont naturellement présents assurent la méthanisation de l'hydrogène, c'est-à-dire sa transformation en méthane. Ce méthane peut ensuite être prélevé dans le réservoir souterrain et utilisé comme le gaz naturel traditionnel.

De 2013 à 2020, la RAG Austria AG a étudié ce procédé, les spécialistes parlent de géométhanisation, dans le cadre de deux projets, a réalisé des essais dans une installation pilote à Pilsbach (entre Salzbourg et Linz) avant de le breveter. Lors des essais sur le terrain, jusqu'à 10% en volume d'hydrogène et 2,5% en volume de CO₂ ont été ajoutés à un réservoir rempli de gaz naturel: les micro-organismes ont transformé les deux gaz en méthane en quelques semaines, des taux de conversion de 10 à 90% ayant été observés. Bilan des auteurs de l'étude: « Même si l'hydrogène et le CO₂ n'ont pas été complètement convertis, nous avons de fortes preuves que la géométhanisation pourrait être une véritable option pour un cycle fermé du carbone dans un futur système énergétique ». Par « cycle fermé du carbone », on entend que le CO₂ produit par les processus de combustion est réutilisé pour la production de gaz renouvelable.

Le cycle durable du carbone de l'Underground Sun Conversion – Flexible Storage



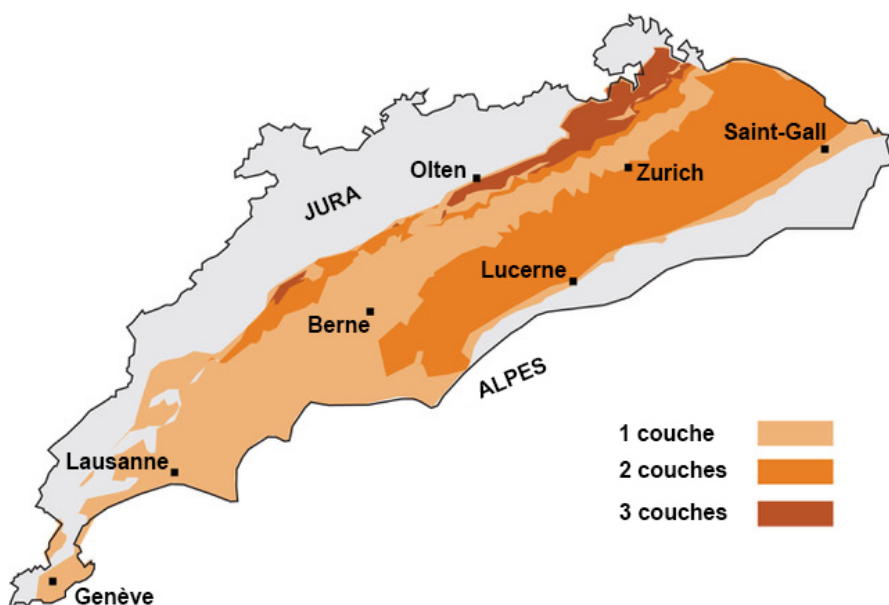
Représentation schématique d'une installation dans laquelle l'hydrogène (H₂) et le dioxyde de carbone (CO₂) sont stockés dans des couches de roches poreuses d'un ancien gisement de gaz naturel, où ils sont transformés en méthane (CH₄) et en eau (H₂O) par des micro-organismes. Illustration: RAG Austria AG



Installation pilote de géométhanisation dans un gisement de gaz naturel exploité à Pilsbach, en Autriche. À une profondeur de 1 000 mètres, l'hydrogène et le CO₂ sont transformés en méthane par des archées, et ce à des pressions pouvant atteindre 107 bars et à une température de 40°C. Photo: RAG Austria AG

Vaste partenariat de recherche

En Suisse, le fournisseur de gaz et d'énergie Energie 360° (de Zurich) a pris connaissance des résultats intéressants de la recherche autrichienne. En 2020, il a lancé, en collaboration avec la RAG Austria AG, un projet de recherche sur trois ans auquel participent, du côté suisse, l'Université de Berne, la Haute école spécialisée de Suisse orientale et le Laboratoire fédéral d'essai des matériaux et de recherche (Empa). L'OFEN soutient financièrement le projet dans le cadre de l'ERA-Net Smart Energy System.



La carte du nord des Alpes désigne les régions dans lesquelles les géologues de l'université de Berne estiment que les couches rocheuses conviennent en principe à un réservoir poreux avec géométhanisation. L'un des principaux critères de choix du site est le nombre de couches rocheuses appropriées: Là où trois couches de roches appropriées se superposent (pied sud du Jura entre Olten et Schaffhouse), il y a la plus grande chance de trouver, avec un forage, une zone appropriée pour un réservoir poreux. Mais même les zones ne comportant que deux ou une seule couche de roche appropriée sont parfois prometteuses pour un réservoir poreux, après prise en compte d'autres critères géologiques. Cela vaut pour la région de Genève et une bande allant du lac de Constance à Berne en passant par les lacs de Zurich et de Zoug. Les scientifiques s'appuient sur un modèle 3D du sous-sol suisse, basé entre autres sur les forages de gaz naturel, lesquelles n'ont généralement pas abouti et les études sismiques réalisés jusqu'à présent. Illustration: Université de Berne

Une équipe de recherche de l'Université de Berne a cherché à savoir s'il existait des formations géologiques susceptibles d'être utilisées pour la géométhanisation dans le sous-sol suisse. Le responsable de ce sous-projet est Larryn W. Diamond, professeur de géochimie et de pétrologie à l'Institut de géologie. Même si les travaux ne sont pas encore terminés, il conclut à une évaluation positive: « Les recherches que nous avons menées jusqu'à présent nous permettent de conclure que des roches de stockage appropriées pour la géométhanisation devraient être disponibles en Suisse, et ce, au pied sud du Jura dans la région de Genève et dans la région de Soleure-Olten-Baden-Schaffhouse. Une autre formation rocheuse potentiellement appropriée s'étend du lac de Constance à Berne en passant par les lacs de Zurich et de Zoug », explique Diamond.

Les chercheurs ne peuvent pas encore dire où exactement un réservoir poreux pourrait être construit pour la géométhanisation. Les régions mentionnées présentent toutefois des formations rocheuses qui remplissent les principaux critères pour un tel stockage: premièrement, la roche est poreuse et peut absorber 20% ou plus de gaz en volume. On trouve de telles roches de sable, de calcaire et de dolomite dans le sous-sol du Plateau suisse. Deuxièmement, ces formations rocheuses poreuses sont fermées vers le haut par une couche supérieure imperméable, ce qui empêche le gaz de s'échapper. Les roches argileuses (par exemple les argiles à Opalinus) ou les couches de sel sont adaptées à cette fin. Et troisièmement, les couches de roches offrent de bonnes conditions d'existence aux micro-organismes, ce qui est le cas entre 30



Les participants au projet de recherche USC FlexStore de l'OFEN devant l'installation d'essai de géométhanisation à Pilsbach, en Autriche. Photo: Energie 360° AG

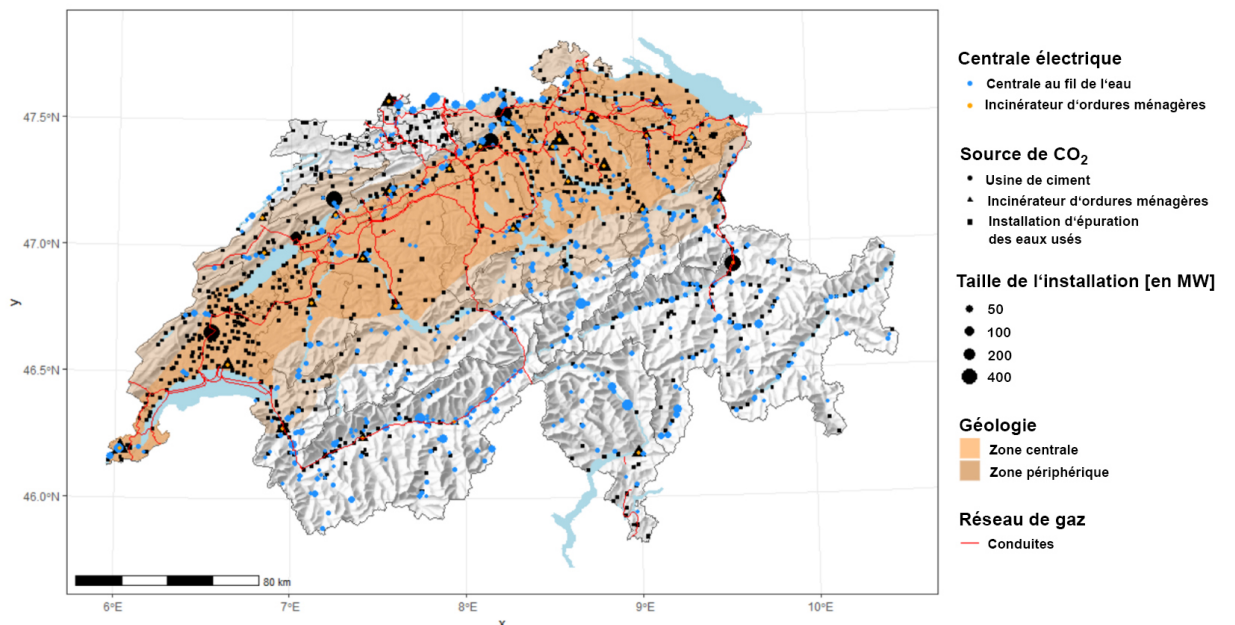
et 60°C. Les micro-organismes ne peuvent donc pas se développer dans ces conditions. De telles températures règnent sous la surface jusqu'à une profondeur de 1 600 mètres.

La Suisse a besoin d'une solution propre

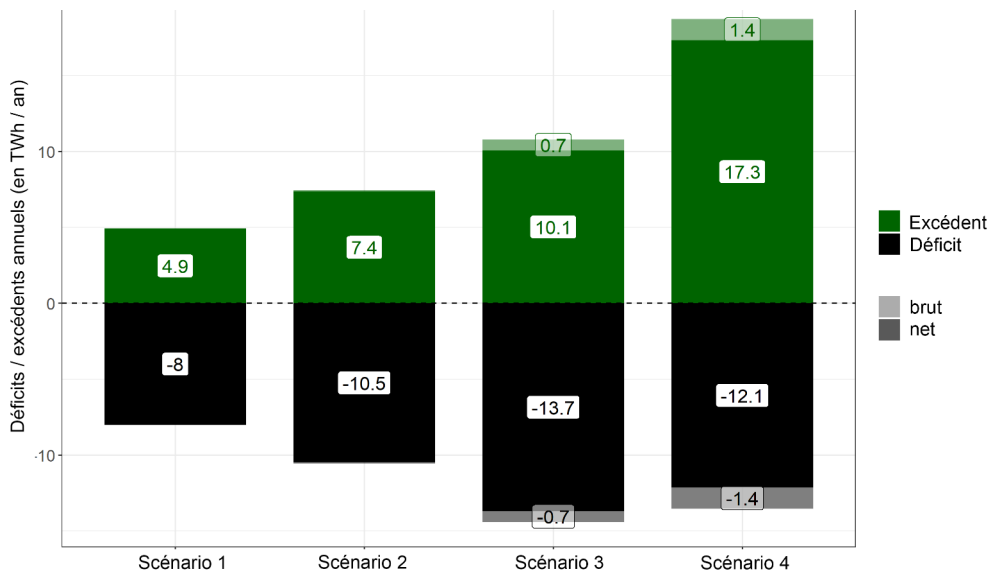
Les résultats des recherches menées jusqu'à présent permettent de conclure que les conditions géologiques sont réunies en Suisse pour la géométhanisation. Les scientifiques de l'Université de Berne souhaitent encore affiner leurs propositions de sites. L'étape suivante pourrait consister à rechercher des formations rocheuses de la taille requise par des études géophysiques, suivies de forages pour explorer des sites concrets de stockage en milieu poreux.

Il est d'ores et déjà certain que le concept de géométhanisation doit être mis en œuvre en Suisse sous une forme adaptée: en effet, contrairement à l'Autriche, la Suisse ne dispose pas de gisements de gaz naturel exploités qui pourraient être directement utilisés pour la géométhanisation.

À la place, la Suisse aurait recours à des aquifères salins, c'est-à-dire des roches poreuses remplies d'eau salée. Pour y stocker des gaz, il faut d'abord évacuer l'eau salée par pression. « Cela représente un travail supplémentaire et comporte le risque de provoquer des tremblements de terre perceptibles, ce qui doit être soigneusement étudié », explique le géologue Diamond.



Pour construire un réservoir poreux avec géométhanisation, la géologie doit être appropriée. D'autres aspects doivent toutefois être pris en compte lors du choix du site pour un tel stockage de gaz: pour des raisons techniques et réglementaires, il serait avantageux de trouver des sites à proximité de centrales au fil de l'eau et d'incinérateurs d'ordures ménagères. Il serait préférable de choisir un site avec de grandes sources de CO₂ à proximité, comme des cimenteries, des stations d'épuration des eaux usées ou des incinérateurs. Il est en outre souhaitable de se raccorder au réseau gazier suisse, car cela permettrait d'injecter efficacement le méthane renouvelable dans le réseau. Illustration: Empa



Dans le cadre de l'étude USC FlexStore, l'Empa a évalué la quantité d'électricité excédentaire qui serait disponible en Suisse en cas d'augmentation des installations photovoltaïques. Le scénario 1 modélise la situation actuelle, les trois autres piliers représentent l'évolution au cours des trois prochaines décennies. Le graphique montre les excédents (vert foncé plus vert clair) et les déficits (noir plus gris) de production quotidiens, cumulés sur une année entière. Une partie des excédents peut être déplacée dans le temps en décalant la charge ou être tamponnée par des accumulateurs de courte durée (vert clair). Pour une partie considérable des excédents, cela n'est pas possible (excédents nets; vert foncé); dans ce cas, l'électricité doit être exportée, la production doit être réduite (par ex. par la régulation des installations PV) ou stockée à long terme grâce à de nouveaux procédés. Pour le stockage à long terme de l'électricité, les réservoirs poreux dans le sous-sol rendraient de bons services. Selon les calculs de l'Empa, les excédents nets atteindront 17,3 TWh en 2050 (scénario 4). Graphique: Empa

Grand besoin de recherches

Aujourd'hui, la géométhanisation est encore de la recherche fondamentale. Pour l'instant, on ne sait pas encore si un stockage poreux d'hydrogène et de CO₂ dans le sous-sol suisse est techniquement réalisable et à quoi ressemblerait un modèle commercial concluant sur le plan énergétique et économique. « L'approche et les résultats obtenus jusqu'à présent sont toutefois si prometteurs que nous devons poursuivre nos recherches dans ce domaine », explique Andreas Kunz, responsable des installations énergétiques chez Energie 360°, qui dirige le projet de recherche en Suisse. Les réservoirs poreux ne promettent pas seulement de grandes capacités de stockage, ils ont également l'avantage, selon les connaissances actuelles, de ne pas nécessiter d'apport d'hydrogène (H₂) et de CO₂ dans des proportions fixes (4 parties de H₂ et une partie de CO₂). Les réservoirs pourraient ainsi être remplis de CO₂ en permanence, mais d'hydrogène uniquement pendant les mois d'été, lorsque l'électricité excédentaire est disponible pour sa production. Daniel Sidler, qui coordonne le projet pour Energie 360° avec les partenaires de recherche, évoque le grand potentiel de cette technologie pour la Suisse: « Les calculs de scénarios de la production d'énergie nationale effectués par l'Empa dans le cadre du projet de re-

cherche montrent qu'en 2050, la géométhanisation pourrait théoriquement nous permettre de couvrir la totalité des besoins en gaz de la Suisse ou jusqu'à la moitié de la pénurie d'électricité hivernale de la Suisse ».

🔗 Site Internet du projet:

www.underground-sun-conversion.at

🔗 Andreas Kunz ([Andreas.Kunz\[at\]energie360.ch](mailto:Andreas.Kunz[at]energie360.ch)), responsable du projet de recherche de l'OFEN 'Underground Sun Conversion - Flexible Storage' (USC FlexStore) en Suisse, communique des **informations** sur ce projet.

🔗 Vous trouverez plus d'**articles spécialisés** concernant les projets pilotes, de démonstration et les projets phares dans le domaine de l'électricité sur www.bfe.admin.ch/ec-electricite.