

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-Geowissenschaftlern;
Schweizerische Fachgruppe für Ingenieurgeologie

Band: 28 (2023)

Heft: 1-2

Artikel: Stockages saisonniers géothermiques : potentiel national et diversités des déclinaisons locales

Autor: Meyer, Michel

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1051714>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 08.02.2025

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

Stockages saisonniers géothermiques : Potentiel national et diversités des déclinaisons locales

Michel Meyer¹

Mots-clés : Géothermie, stockage saisonnier, chaleur, énergie, environnement, transition énergétique, réduction de CO₂, réseaux thermiques, efficacité énergétique, économie.

Résumé étendu

En Suisse environ 50% de la consommation énergétique est requise pour couvrir les besoins de chauffage, d'eau chaude sanitaire ou encore de chaleur pour des procédés industriels. Comme ces besoins sont encore essentiellement couverts par des hydrocarbures fossiles polluants (gaz naturel et mazout), il y a un enjeu majeur à trouver des alternatives locales, renouvelables et faiblement émissives en CO₂ afin de sécuriser le marché de l'énergie suisse et le rendre plus durable.

Parmi les ressources locales, les rejets de chaleur et de froid du bâti et de l'industrie ne sont que très rarement valorisés car des problèmes de concordance de temps, de lieu ou de qualité empêchent leur mise à disposition des consommateurs. En effet, de manière globale on peut mentionner qu'une part importante des excès de chaleur estivaux (climatisation, îlots de chaleur urbains, refroidissement de serveurs informatiques notamment) ou des pics de production de froid hivernal (pompes à chaleur en particulier) ne sont jamais valorisés. Parmi ces importantes sources de calories non fossiles, seule la chaleur issue de l'incinération de déchets est souvent en bonne partie réutilisée pour de la production d'électricité et/ou la mise à disposition de chaleur par des réseaux de chauffage à distance, mais là encore cette récupération n'est bien souvent pas complète, notamment durant l'été.

Une étude récente de Géothermie-Suisse montre que le sous-sol helvétique pourrait offrir des solutions efficaces et économiques pour stocker transitoirement ces calories par le biais d'installations géothermiques, et les remettre à disposition lors de pics de forte demande. Divers systèmes à faible

et plus grande profondeur existent et représentent à minimum un potentiel de stockage, par des solutions techniques éprouvées, de 4 à 6 TWh/an. La mise à disposition de cette énergie ainsi récupérée a un rôle important à jouer non seulement dans la fourniture de sources d'énergie décarbonées, mais aussi pour limiter les pics de demande d'électricité à la fin de l'hiver notamment.

Les projets de stockage saisonniers de chaleur géothermique commencent à se développer en Suisse, et trouvent pleinement leur place notamment dans les quartiers où des boucles d'énergie sont développées. Cependant, pour pouvoir exploiter pleinement ce potentiel, des modifications légales sont attendues afin de gagner en flexibilité dans les projets, tout en assurant une innocuité environnementale aux réalisations.

1 Solutions de stockages saisonniers géothermiques

Diverses solutions naturelles – géothermiques, dans le sous-sol – ou artificielles existent pour récupérer des calories et les stocker pendant quelques heures, jours, semaines ou mois afin de les réutiliser lorsque la demande s'exprime. À côté des solutions physico-chimiques (changement de phase notamment) ou construites (réservoirs ou bassins, enterrés ou non), le sous-sol naturel peut aussi permettre, sous certaines conditions, de stocker du chaud ou du froid ; on parle alors de stockage géothermiques (Underground Thermal Energy Storage – UTES). Ces solutions se déclinent en deux familles, celles où l'on stocke des calories dans les couches géologiques grâce à des sondes géothermiques fermées (Borehole Thermal Energy Storage – BTES) et celles où la chaleur ou le froid sont stockés dans des nappes d'eau souterraines en systèmes dits ouverts (Aquifer Thermal Energy Storage – ATES).

¹ Services industriels de Genève (SIG), 2 Ch. du Château-Bloch, 1219 Le Lignon, Suisse, michel.meyer@sig-ge.ch

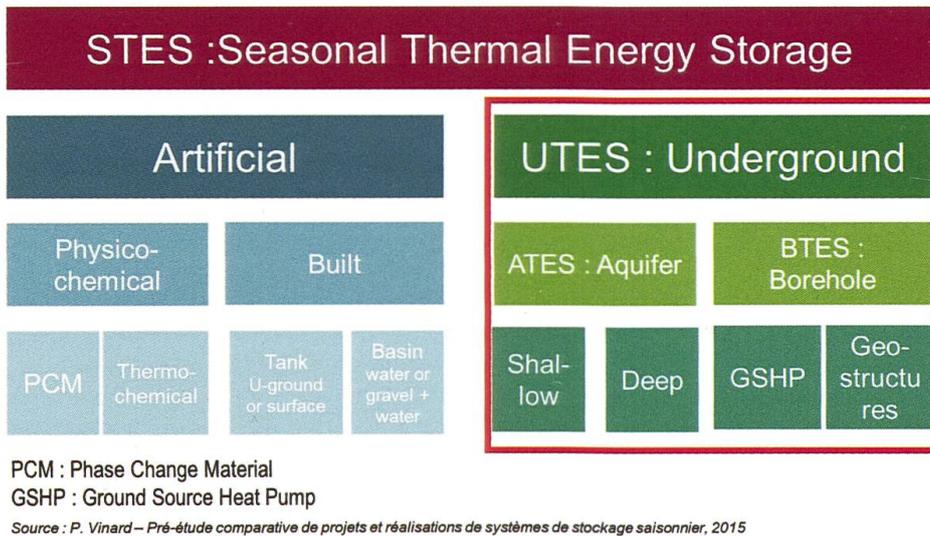


Fig. 1 : Les solutions de stockage géothermique sont entourées en rouge.

Les solutions géothermiques présentent l'avantage d'être mises à disposition par la nature et d'offrir des volumes potentiellement considérables, en capacité de stocker des importantes quantités d'énergie. Par ailleurs, elles permettent lorsque les conditions géologiques sont favorables (aquifères avec des faibles gradients de pente notamment) un stockage dans des durées qui excèdent plusieurs mois, avec un taux de récupération élevé, ce qui en fait un outil formidable pour gérer la saisonnalité de l'offre et de la demande de chaud et de froid.

Le récent projet européen HEATSTORE (www.heatstore.eu) auquel plusieurs acteurs suisses (SIG, EWB, Universités de Genève, Neuchâtel et Berne, ETH Zürich) ont participé, met librement à disposition un important matériel scientifique et des retours d'expériences précieux et riches d'enseignements. Ils montrent notamment que des solutions de stockage géothermiques existent pour certaines depuis des décennies et prouvent que ces dernières sont à maturité technique. C'est notamment le cas en Hollande où les solutions de stockage en aquifère (ATES) se comptent par milliers et permettent un haut niveau d'efficacité énergétique et économique.

La Suisse présente de belles références en matière de stockage dans des champs de

sondes géothermiques couplées à des réseaux de partage d'énergie à basse température (boucles d'anergie). On peut notamment citer le projet de Suurstoffi à Rotkreuz où près de 400 sondes géothermiques permettent de régler les échanges de calories entre les consommateurs de froid et de chaud, tout en stockant temporairement les excès de production pour les remettre à disposition au bon moment.

2 Potentiel national

La récente étude menée par Géothermie-Suisse en 2022 qui est disponible librement en ligne sur le site www.geothermie-suisse.ch a permis de donner un ordre de grandeur du potentiel de stockage géothermie en Suisse. Cette étude met aussi divers éléments en avant qui montrent l'intérêt de pouvoir développer de tels systèmes. En effet ces installations permettraient de :

- Réduire les émissions de CO₂ et ainsi contribuer à la décarbonation
- Répondre à la demande de froid qui ne cesse d'augmenter avec les évolutions climatiques
- Assurer la durabilité des installations géothermiques en régénérant thermiquement le sous-sol
- Arrêter le gaspillage d'énergie en permet-

tant d'utiliser en hiver l'énergie qui n'est pas utilisable en été et vice-versa

- Réduire les besoins électriques en hiver en mettant notamment à disposition une ressource à plus haute température en hivers, ce qui limite le recours aux pompes à chaleur

L'utilisation des sondes géothermiques verticales comme solution de stockage (BTES) est déjà très largement déployée en Suisse. En effet, l'utilisation durable de ces installations passant par une valorisation du froid en été ou une recharge de ces dernières par des installations solaires notamment, plusieurs cantons imposent même une utilisation équilibrée de ces dernières. Dès lors, l'opportunité qu'offrent ces installations de fournir du froid en été couplée à ces demandent d'utilisation durable du sous-sol imposées par les autorités impliquent que ces installations vont de plus en plus être systématiquement exploitées dans une dynamique de stockage / déstockage. Divers scénarii de développement de ces installations ont été étudiés par Géothermie-Suisse et montrent un potentiel qui se situe entre 2 et 3 TWh/an (valeur conservative, sans développements technologiques requis).

Pour le stockage en aquifères, Géothermie-Suisse différencie les solutions à basse température (LT-ATES), applicables aux aquifères de faible profondeur (en général < 100 m de profondeur), des solutions dites à haute température (HT-ATES) applicables généralement aux aquifères situés à plus de 500 m de profondeur. Les LT-ATES correspondent généralement à des doublets sur des nappes de faible profondeur avec des différences de température de quelques degrés vers le chaud comme vers le froid. En Suisse, la législation actuelle impose de ne pas modifier la température naturelle des eaux souterraines de plus de 3°C dans un rayon de 100 m autour du point d'exploitation, alors que dans des pays où ce type d'installations est très répandu, comme les Pays-Bas, des dérives

locales et temporaires plus importantes sont tolérées. Par exemple, aux Pays-Bas, il est possible de réinjecter des eaux naturellement autour de 13 °C jusqu'à une température minimale de 5 °C et maximale de 25 °C, ce qui permet d'optimiser l'efficacité de ce type d'installations. Une motion parlementaire fédérale récente, acceptée par les deux Chambres, demande au Conseil fédéral de voir si le cadre légal helvétique pourrait aussi évoluer afin de faciliter l'implantation et le développement de tels projets. La volonté de Géothermie-Suisse qui soutient cette idée est de permettre de gagner en flexibilité tout en assurant une gestion durable et coordonnée de la ressource en eau souterraine, pour ses différents usages. Il ne s'agit donc pas d'ouvrir une boîte de pandore qui risquerait d'impacter environnementalement les eaux souterraines, mais bien de discussions qui visent à intégrer l'usage thermique de ces dernières dans les outils de planification et de monitoring de la ressource.

Cette évolution légale attendue aurait pour impact de pouvoir aussi considérer les solutions plus profondes de stockage à plus haute température qui seraient aujourd'hui exclues par une application trop stricte de la législation actuelle. Ces systèmes de stockage à plus haute température (au-delà de 25 °C, possiblement jusqu'à 90 °C) ne sont jusqu'alors pas très développés mêmes si quelques installations existent ailleurs en Europe notamment. Elles présentent néanmoins un intérêt majeur car elles permettraient de stocker des quantités de chaleur fatale importantes, à un niveau de température qui éviterait l'utilisation de pompes à chaleur. Les ressources à stocker disponibles sont bien entendu la chaleur fatale non utilisée des usines d'incinération, mais aussi les rejets d'autres industries, ou encore de la chaleur solaire estivale tel que cela se fait déjà au Danemark.

Vu les importantes quantités d'énergie stockées dans de tels systèmes, le stockage en

HT-ATES nécessitent une connexion à un réseau de chauffage à distance, tel que cela serait le cas sur le projet pilote en cours sur le site de Forsthaus à Berne.

Géothermie-Suisse évalue dans son étude que le potentiel national de stockage en aquifère s'élève lui aussi et de manière conservatrice à 2-3 TWh/an. Contrairement au potentiel de stockage sur sondes géothermiques qui est déjà largement lancé, les solutions sur aquifère bien qu'à maturité technique nécessiteront la construction de plusieurs centaines de nouveaux doublets géothermiques pour y parvenir.

3 Exemples de projets actuellement développés

A Genève des projets de stockage en aquifères de faible profondeur sont en cours de prépa-

ration et de réalisation. Ainsi, on peut noter le projet en construction qui s'étend sur la zone industrielle de Meyrin-Satigny (ZIMEY-SA) et qui vise à mettre en connexion une série de consommateurs de froid (qui rejettent du chaud) et de consommateurs de chaud (qui rejettent du froid) par le biais d'une boucle d'anergie. Lorsque les demandes de chaud et de froid ne sont pas équilibrées, la nappe principale de Montfleury, dont la température naturelle est autour de 13 °C, est utilisée pour régler les dérives de températures des réseaux, afin de les maintenir dans des niveaux acceptables pour remplir leurs fonctions. L'énergie ainsi dissipée dans les réseaux est récupérée dans la nappe d'eau souterraine via des puits réversibles (utilisable en pompage ou en réinjection) et peut être remise à disposition quelques semaines ou mois plus tard.

Un autre exemple équivalent trouve sa

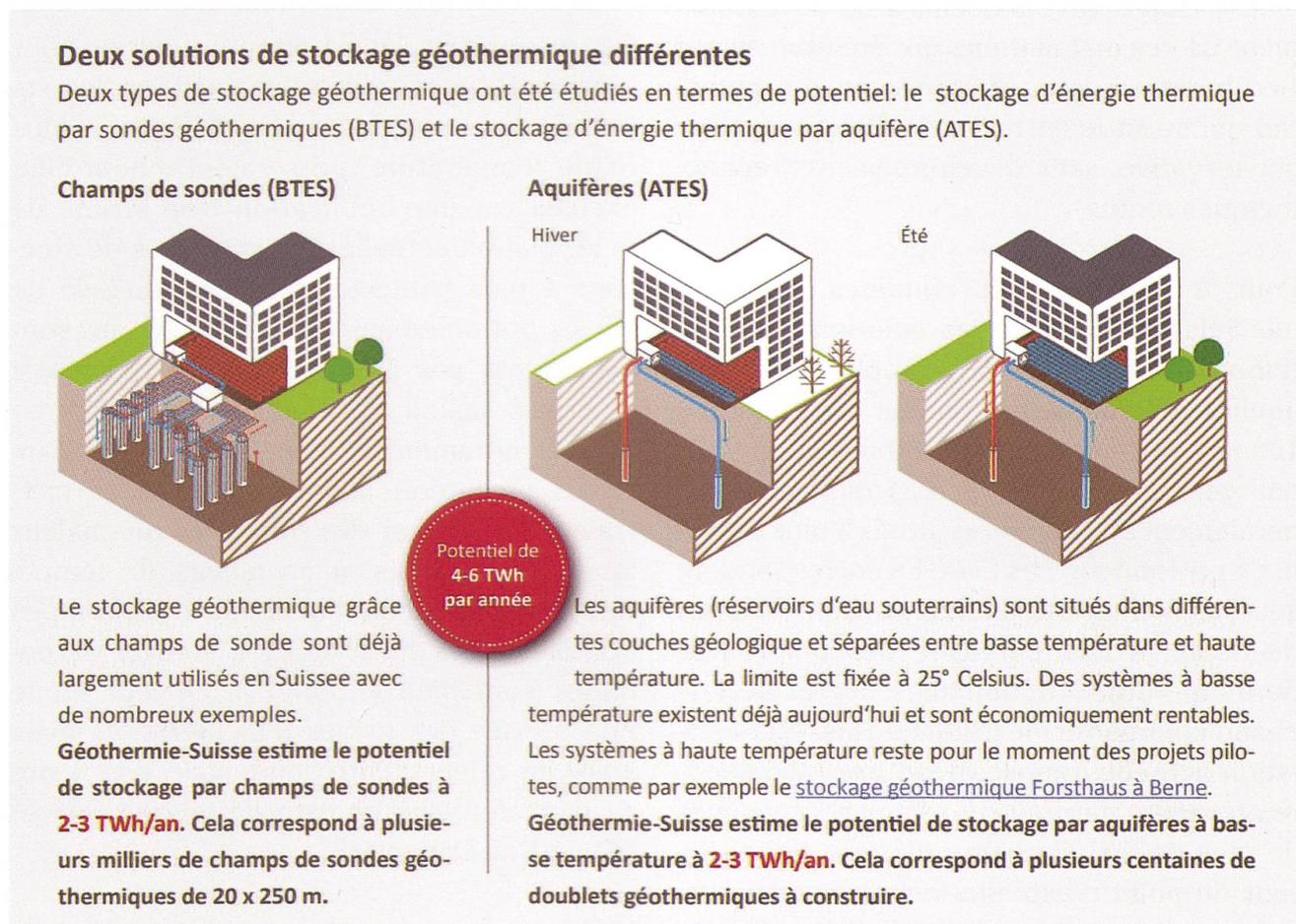


Fig. 2 : Evaluation du potentiel de stockage géothermique en Suisse selon Géothermie-Suisse.

place à proximité de l'aéroport international de Genève, le long du réseau thermique en construction appelé « GeniLac© ». Dans ce secteur, les clients de froid et de chaud échangeront également, via ce réseau alimenté par l'eau du Lac Léman, leurs calories dans une dynamique d'écologie industrielle. Là encore, lorsque les dérives de température seront trop importantes sur ce réseau, des puits sur la nappe de Montfleury prendront le relais pour régler ces dernières et stocker temporairement les excès de chaud ou de froid, afin de les réutiliser lors des pics de demande. Cette solution de réglage local grâce à un aquifère permettra d'améliorer l'efficacité technique et économique du réseau « GeniLac© ».

4 Conclusions

Le stockage géothermique en Suisse est non seulement possible mais est déjà lancé, en particulier sur des importants champs de sonde géothermiques connectés à des réseaux thermiques à basse température. Grâce au stockage géothermique, la chaleur estivale peut être stockée et rendue de nouveau disponible en hiver. Cela réduit la consommation d'autres sources de chaleur pendant la saison froide. Grâce au stockage géothermique à plus haute température, la demande d'électricité des pompes à chaleur en hiver est également réduite. Inversement, le stockage géothermique peut également être utilisé pour refroidir les bâtiments en été – sans l'utilisation d'unités de climatisation énergivores. La vente combinée d'énergie de chauffage et de rafraîchissement a un effet positif sur la rentabilité d'un système et assure des prix compétitifs. Le stockage géothermique saisonnier régénère également activement le sous-sol et permet une utilisation à long terme.

De multiples solutions existent et doivent pouvoir être mises en œuvre de manière beaucoup plus systématique. Une étude ré-

cente de Géothermie-Suisse a montré que les installations de stockage géothermiques ont un potentiel d'au moins 4 à 6 TWh/an, ce qui réduirait d'autant la demande d'énergie fossile en hiver.

Pour libérer ce potentiel, des évolutions institutionnelles et légales sont requises, afin de permettre la réalisation de tels projets comme cela se fait déjà beaucoup ailleurs en Europe.

Références

Géothermie-Suisse 2022 : Evaluation du potentiel de stockage géothermique en Suisse. (Rapport_Stockage_Geothermie_sept2022_avecAnnexe.pdf (geothermie-schweiz.ch).

