



Vous trouverez tous
les documents ici :



go.akademien-schweiz.ch/atable

Suivi 4/25 • 2 décembre 2025

Quels sont les systèmes saisonniers de stockage d'énergie dont la Suisse a besoin ?

1. Conclusions

1.1. Résumé des exposés (diapositives disponibles en ligne)

Stockage saisonnier d'énergie - Aperçu des options technologiques dans le contexte des systèmes énergétiques

Jonas Schnidrig, enseignant et chercheur en planification des systèmes énergétiques (HES-SO / EPFL Valais-Wallis)

En 2050, le déficit énergétique de la Suisse en hiver est estimé à un ordre de grandeur de 20 à 35 TWh. Il peut être couvert par des importations (électricité, agents énergétiques chimiques), par des systèmes saisonniers de stockage d'énergie supplémentaires (énergie hydraulique de stockage, stockages de chaleur, stockage d'agents énergétiques chimiques, biomasse) et par une augmentation de la production d'énergie en hiver (p. ex. éolien, photovoltaïque alpin). Seule une combinaison de technologies permet de remédier à cette pénurie d'énergie en hiver. Pour ce faire, les objectifs de développement, les conditions-cadres et les incitations aux investissements doivent être clairs.

Le potentiel sous-estimé du stockage saisonnier de chaleur

Luca Baldini, directeur, Institut des technologies de construction et des processus, ZHAW

Etant donné qu'en hiver l'énergie est souvent nécessaire sous forme de chaleur, les stockages de chaleur ont un grand potentiel pour stocker avantageusement l'énergie produite en été et réduire la pénurie en hiver. Pour économiser 3 TWh d'électricité hivernale par le stockage de chaleur dans des réservoirs souterrains, une surface totale d'env. 5-10 km² serait nécessaire (les lacs de retenue couvrent 100 km²). Le potentiel réel est toutefois incertain et fait actuellement l'objet de recherches (études de cas, intégration dans les modèles énergétiques). En plus du manque de connaissances, des incertitudes juridiques entravent les investissements. Pourtant, la forte accélération en cours du développement du chauffage à distance offre justement l'opportunité de planifier la construction des stockages de chaleur.


De quels systèmes de stockage d'énergie la Suisse a-t-elle besoin pour garantir un approvisionnement énergétique sûr et économiquement efficace ?

Ingmar Schlecht, chercheur associé, École de gestion et de droit, Centre pour l'énergie et l'environnement, ZHAW

Académies suisses des sciences (a+) • Secrétariat général

Maison des Académies • Laupenstrasse 7 • Case postale • 3001 Berne • Suisse

+41 31 306 92 20 • info@akademien-schweiz.ch • [akademien-schweiz.ch](https://www.akademien-schweiz.ch)  [@academies_ch](https://twitter.com/academies_ch)

 [swiss_academies](https://www.instagram.com/swiss_academies)

Un modèle de système énergétique peut être conçu pour fonctionner de la manière la plus économique possible ou d'assurer constamment l'approvisionnement ; il est aussi possible de combiner les deux. Dans les modélisations publiées récemment¹, nous arrivons à la conclusion que les stockages de chaleur sont l'unique nouvelle technologie de construction à moindre coût pour le stockage saisonnier, si le système énergétique est axé sur le rapport coût-efficacité. Pour les rares moments de pénurie, il est possible de recourir à du mazout facile à stocker (potentiellement renouvelable) pour les centrales à double carburant. Le stockage de gaz (l'hydrogène par exemple) ne semble pas nécessaire, ni pour des raisons liées aux coûts ni pour des questions de sécurité de l'approvisionnement (à part le besoin relativement peu important pour certains processus industriels). Pour le développement du stockage saisonnier, des différences de prix saisonnières (tarifs dynamiques) et l'intégration du stockage dans la planification énergétique sont importants.

1.2. Discussion

La construction des stockages de chaleur en dehors des zones à bâtir est-elle véritablement possible ? Quel est le fondement de cette affirmation et s'applique-t-elle à tous les types des stockages de chaleur ?

Il n'existe pas de directives spécifiques pour les stockages de chaleur, les critères usuels pour les constructions en dehors des zones à bâtir sont valables. Il s'agit tout d'abord de voir ce qu'il est possible de construire dans la zone à bâtir. Les études de cas démontrent que cela est la plupart du temps très difficile. Il existe d'autres arguments au niveau cantonal et communal, notamment pour les stockages souterrains, de les autoriser en dehors des zones à bâtir.

Comment pouvons-nous utiliser l'énergie excédentaire produite précisément en été, par exemple par les installations industrielles ?

Il est très important d'utiliser la chaleur résiduelle des installations industrielles ou également les excédents des grandes installations photovoltaïques et des pompes à chaleur. Le recours à des pompes à chaleur supplémentaires pour utiliser la chaleur résiduelle est comparativement cher. Si les pompes à chaleur déjà disponibles pour le chauffage en hiver sont aussi utilisées en été pour recharger les accumulateurs, leur rentabilité s'améliore. Les accumulateurs de chaleur doivent être installés à proximité des consommateurs ou alors près de l'infrastructure (réseau de chauffage à distance). Au contraire de la chaleur, le transport de l'électricité peut être effectué sur de grandes distances, même si cela n'est pas toujours judicieux parce que l'alimentation et le transport d'électricité excédentaire chargent les réseaux et demandent un renforcement supplémentaire du réseau. Une autre possibilité est l'utilisation de l'électricité excédentaire pour la production d'agents énergétiques chimiques, qui peuvent ensuite être utilisés directement pour les processus industriels.

Les avantages de grands stockages de chaleur ont été présentés. Serait-il aussi possible et judicieux de construire des stockages de chaleur de plus petite taille à proximité des gens ?

Oui, pour les réseaux de chauffage à distance, la capacité nécessaire peut aussi être répartie sur plusieurs accumulateurs de plus petite taille à différents endroits. Cela peut être judicieux, étant donné que la chaleur n'est pas transportable sur de longues distances. Il faut garder à l'esprit que les accumulateurs de chaleur ne consomment pas obligatoirement plus de sol. On peut par exemple combiner un stand de tir avec un accumulateur thermique ou il est aussi possible de construire un bâtiment sur des champs de sondes géothermiques à hautes températures.

¹

<https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/versorgung/stromversorgung/stromversorgungssicherheit.exturl.html/aHR0cHM6Ly9wdWJkYi5iZmUuYWRTaW4uY2gvZGUvcHVibGJjYX/Rpb24vZG93bmxvYWQvMTIzOTI=.html>

Les accumulateurs de chaleur ont pour conséquence l'obligation d'exploiter un réseau de chauffage à distance, aussi en été. En été, nous avons un besoin croissant en refroidissement. Il n'est toutefois pas possible d'utiliser le réseau de chaleur à cette fin. Comment faire ?

Il existe différentes générations de réseaux de chauffage à distance ; aujourd'hui il s'agit dans la plupart des cas de réseaux de chaleur exploités à des températures plutôt élevées. Mais il existe aussi des réseaux à basse température qui peuvent être utilisés aussi bien pour le chauffage que pour le refroidissement. Pour l'utilisation de la chaleur résiduelle d'usines d'incinération des déchets par exemple, les réseaux chauds sont intéressants. Il convient de rappeler que le besoin en refroidissement sur le Plateau suisse ne représentera à l'avenir aussi qu'environ 10 % de l'énergie nécessaire au chauffage. De plus, le besoin en refroidissement n'existe qu'au moment où il y a de toute manière suffisamment d'électricité à disposition grâce au photovoltaïque. Du point de vue de l'équilibre saisonnier du système énergétique, le refroidissement est pour cette raison moins critique.

Les réseaux de chauffage à distance chauds sont particulièrement onéreux. Nous disposons de beaucoup d'eau chaude dans le sous-sol. Pourquoi ne pas utiliser la géothermie avant de construire des accumulateurs ?

Nous devons sans doute utiliser tous les potentiels à l'avenir. A certains endroits, l'utilisation de la géothermie est certainement judicieuse, pour autant qu'elle soit écologiquement compatible et aussi acceptée, notamment en lien avec les tremblements de terre.

Nous ne devons pas négliger la protection des eaux souterraines. Celle-ci ne doit pas se réchauffer de façon démesurée. Nous avons besoin des stockages de chaleur, mais nous devons protéger notre paysage aussi dans le sous-sol ainsi que la biodiversité. Pourtant, le sous-sol se réchauffe en raison de nos constructions et à cause du changement climatique. Nous devons aussi tenir compte du fait que nous aurons plus d'eau en hiver en raison du changement climatique. Les réservoirs ont un grand potentiel pour équilibrer le système énergétique, mais aussi en lien avec d'autres problèmes tels que la sécheresse (voir stockages polyvalents).

Quel est le potentiel de stockage énergétique des véhicules électriques ?

Le potentiel des véhicules électriques (recharge bidirectionnelle) est grand. Les batteries ne conviennent toutefois pas pour le stockage de l'électricité pendant plusieurs mois, mais pour compenser les fluctuations journalières.

A l'heure actuelle, seulement 60 % du potentiel de l'énergie hydraulique de stockage n'est utilisé pour remédier à la pénurie d'énergie en hiver. Sur quoi se fonde l'augmentation du potentiel de stockage mentionnée ?

L'augmentation de plus de 1 TWh se réfère à de nouveaux barrages ou des barrages plus élevés. Il convient de noter qu'en raison des fluctuations naturelles des précipitations qui doivent être compensées, les réservoirs ne sont jamais remplis à 100 %.²

Le chiffre de « 60 % d'utilisation de l'énergie hydraulique de stockage » doit être remis en question et repose sans doute sur une erreur d'interprétation répandue du niveau de remplissage publié³.

La courbe du niveau de remplissage publiée en moyenne entre 2013 et 2021 correspond à une valeur moyenne hebdomadaire ; le niveau de remplissage moyen qui en résulte indique une utilisation moyenne se situant prétendument entre 19 % et 85 % du taux de remplissage (environ 65 %). Toutefois, le niveau d'utilisation moyen de chaque année se monte p. ex. à 80 % en Valais, 72 % aux Grisons et 71 % au Tessin.

Les systèmes de stockage d'énergie ne se construisent pas tout seuls. Quelles sont les conditions-cadres nécessaires à la création d'une infrastructure de stockage appropriée ?

² De plus, une constitution de réserves (partiellement obligatoire) engendre une réduction de l'utilisation de la capacité totale de stockage. De plus, il y a plus de sédiments dans l'eau lorsque son niveau est bas, ce qui conduirait à une usure plus rapide de l'installation technique.

³ https://www.uvek-gis.admin.ch/BFE/storymaps/AP_FuellungsgradSpeicherseen/?lang=fr

En ce qui concerne les stockages de chaleur, il est simple de mettre en œuvre une clarification ayant pour but de savoir si une étude d'impact sur l'environnement est nécessaire. Pour ce faire, l'ordonnance relative à l'étude de l'impact sur l'environnement pourrait être complétée par un règlement sur les différents types des stockages de chaleur. La planification énergétique est également essentielle et beaucoup de communes n'en ont justement pas. La Confédération pourrait charger les cantons de donner des directives aux communes pour leur planification énergétique.

En ce qui concerne les agents énergétiques chimiques, les réglementations relatives aux prix de l'électricité sont aussi fondamentales, notamment la rétribution de l'utilisation du réseau. Les rétributions du réseau doivent-elles aussi être versées lorsque l'achat d'électricité décharge le réseau (p. ex. en cas de prix de l'électricité négatifs) ? Sinon, il ne reste que l'option de la diminution de la production. La rentabilité de la production d'agents énergétiques chimiques est très fortement dépendante de l'existence d'une obligation de verser des rétributions du réseau. Les prix, dont la stabilité actuelle est artificielle, constituent un autre problème. Les systèmes de stockage d'énergie ont toutefois besoin de différences de prix pour être rentables. En plus des prix de l'électricité dynamiques, des rétributions du réseau dynamiques reflétant la charge des réseaux dans le prix pourraient constituer des incitations importantes.

A-t-on besoin de centrales électriques de réserve alimentées au mazout ?

Pendant les années normales (c'est-à-dire en dehors des crises énergétiques), les importations sont souvent une solution peu coûteuse. Néanmoins, des centrales électriques de réserve peuvent être utiles dans le but de garantir un niveau plus élevé en matière de sécurité de l'approvisionnement. Celles-ci sont habituellement conçues avec des systèmes à double carburant. Elles peuvent donc transformer du gaz ou du pétrole en électricité. Dans le cas où l'importation de gaz est possible, on peut utiliser du gaz, si cela n'est pas possible et que, dans le cas contraire, une pénurie d'électricité menaçait, on peut recourir au réservoir de pétrole. Les réservoirs de pétrole sont les systèmes saisonniers de stockage les plus avantageux (prix du stockage par quantité d'énergie). Il pourrait être judicieux de prévoir leur utilisation comme réserve dont on n'a habituellement pas besoin. A cet égard, il est également possible de recourir à du mazout biogénique pour la neutralité climatique ; en raison de la rareté de son utilisation, les coûts engendrés sont marginaux. Ce type de centrales électriques de réserve dans le but d'éviter de rares pénuries d'électricité ne doit pas être confondu avec la puissance de réglage utilisée par Swissgrid pour garantir à tout moment l'équilibre à court terme dans le réseau électrique.

2. Approfondissement

Vous trouverez l'ensemble des documents complémentaires en ligne sur go.akademien-schweiz.ch/atable :

- Présentations
- Contacts science
- Stockage saisonnier de l'énergie : un aperçu. Interrelations, importance et perspectives dans le contexte suisse. Rapport de synthèse. Swiss Academies Reports 20 (9)