



29 mai 2022

Fiche d'information sur le stockage de chaleur

Quels types d'accumulateurs de chaleur saisonniers existe-il?

- **Réservoirs d'eau**

L'eau dispose d'une capacité thermique d'environ $4,2 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})^1$, ce qui lui permet de stocker pour l'hiver la chaleur accumulée pendant l'été. Le volume d'eau doit toutefois être suffisamment grand et les pertes de chaleur les plus minimales possible. Par exemple, au Danemark, la chaleur est stockée dans de grands réservoirs d'eau enfouis dans le sol, puis distribuée via des réseaux thermiques.

- **Accumulateurs de chaleur latente**

Les accumulateurs de chaleur latente comptent aussi bien des accumulateurs de glace que des accumulateurs utilisant des matériaux à changement de phase (accumulateurs PCM). De nouveaux matériaux permettant un changement de phase (de solide à liquide) à des températures comprises entre 40 et 50°C font l'objet de tests dans le cadre de la recherche. Si des accumulateurs de glace sont déjà disponibles sur le marché, les accumulateurs PCM sont encore au stade de développement ou de démonstration, selon les matériaux utilisés. Du point de vue des coûts et de l'efficacité, les systèmes de pompe à chaleur combinant un accumulateur de glace et une installation solaire thermique sont comparables aux sondes géothermiques conventionnelles. Ils contribuent également à la décarbonisation à grande échelle. Toutefois, le changement de phase à 0°C ne leur permet pas d'influer sur l'efficacité de l'électricité produite en hiver, contrairement aux accumulateurs PCM. En Suisse, de nombreux projets de démonstration portent sur les différents matériaux à changement de phase.

- **Champs de sondes géothermiques**

Les champs de sondes géothermiques sont une solution éprouvée et appréciée pour le stockage de la chaleur, en particulier dans les bâtiments et sites de services dont les besoins en froid sont relativement élevés. Pour stocker de la chaleur de manière saisonnière, il convient d'installer un champ de sondes géothermiques plutôt qu'une sonde unique. Pour concevoir le champ et définir ses dimensions, il faut distinguer régénération et stockage de chaleur. En fonction de la quantité de chaleur injectée dans le champ, il est possible de réduire le nombre de sondes ou d'augmenter la température du sol et donc l'efficacité de l'électricité produite en hiver.

- **Stockage en aquifère**

Le stockage en aquifère est une appellation générique qui désigne les systèmes de stockage de chaleur dans des aquifères souterrains. Ceux-ci peuvent se distinguer par leur niveau de température, leur dimension spatiale ou leur forme d'exploitation, qui dépend des caractéristiques hydrogéologiques de l'aquifère. Le stockage de chaleur classique nécessite une faible vitesse d'écoulement. Cependant, des concepts de régénération ont récemment fait l'objet de discussions en raison de l'utilisation croissante d'aquifères à vitesse d'écoulement plus élevée. Les prescriptions du droit suisse en matière de protection des eaux tendent à restreindre le développement du stockage en aquifère.

¹ Un litre d'eau chauffé à 1 Kelvin (K) absorbe 4,19 kilojoules (kJ) de chaleur. L'eau rejette ensuite cette même quantité de chaleur lorsqu'elle refroidit de 1 K.

Pourquoi développer le stockage de chaleur saisonnier?

L'accumulation de chaleur saisonnière permet de conserver pour l'hiver les rejets de chaleur inévitables issus de l'incinération des ordures ménagères ou d'autres processus industriels ainsi que l'excédent de chaleur estival provenant d'installations solaires thermiques, de la géothermie profonde et des systèmes de refroidissement. De cette manière, la consommation d'autres agents énergétiques peut être réduite pendant le semestre d'hiver. Ce procédé présente également l'avantage de réduire l'espace nécessaire aux installations de mise à disposition de chaleur.

De plus, le stockage de chaleur saisonnier à l'aide de pompes à chaleur équipées de sondes géothermiques améliore l'efficacité de l'électricité produite en hiver. En effet, ce système permet d'introduire dans le sol une plus grande quantité de chaleur que celle extraite pour la mise à disposition de chaleur. Pour cela, les sondes doivent toutefois être disposées dans un champ suffisamment grand. Lorsque la quantité de chaleur introduite dans le champ (en été) est plus faible que la quantité extraite (en hiver), on parle en général de régénération plutôt que de stockage de chaleur. La régénération permet de réduire la taille du champ de sondes et d'économiser des mètres de forage. Cependant, elle n'améliore pas systématiquement l'efficacité, car si de nombreuses sondes géothermiques sont installées dans une zone densément construite, elles peuvent avoir une influence réciproque négative. La régénération réduit toutefois ce phénomène.

L'accumulation de chaleur saisonnière, une approche rare en Suisse?

Le stockage de chaleur saisonnier dans des réservoirs d'eau nécessite un volume considérable. Outre les coûts (terrain à bâtir, accumulateur) et la perte de chaleur à prendre en compte, l'aménagement du territoire et la procédure d'autorisation influencent également la décision d'installer un réservoir de grande envergure.

La régénération via des sondes géothermiques et le stockage de la chaleur sont intéressants si des rejets de chaleur provenant de systèmes de refroidissement sont à disposition sur le même terrain. Dans ce cas, une planification optimale permet de réaliser des économies. Par contre, si la régénération ou le stockage utilisent les rejets de chaleur de terrains voisins ou la chaleur issue de l'énergie solaire, cela entraîne des coûts d'investissement supplémentaires, qui sont souvent plus élevés que les économies annuelles d'électricité et de coûts réalisées pendant le semestre d'hiver.

Le stockage de chaleur dans des aquifères constitue une autre possibilité. Par exemple, aux Pays-Bas, plus de 2500 réservoirs aquifères à basse température étaient déjà en service en 2015. La Suisse manque quant à elle d'expérience en matière de stockage en aquifères, notamment en raison de restrictions juridiques. L'accumulateur de chaleur à haute température d'ewb à la centrale Forsthaus à Berne doit combler ce manque.

Comment les accumulateurs de chaleur saisonniers peuvent-ils contribuer à la décarbonisation de l'approvisionnement en chaleur?

Aujourd'hui, 64% de la chaleur destinée au chauffage des bâtiments proviennent d'agents énergétiques fossiles (pétrole et gaz). Dans les prochaines années, l'approvisionnement en chaleur de confort doit être entièrement décarboné. Pour ce faire, divers agents énergétiques finaux, y compris la chaleur ambiante, sont en mesure de couvrir les futurs besoins en chaleur via des systèmes de chauffage individuels ou les réseaux thermiques. Le couplage de grandes sources de rejets de chaleur avec les clients de chaleur via un réseau thermique augmente la possibilité d'utiliser des accumulateurs de chaleur saisonniers.

1. Dans les zones densément construites, le stockage de la chaleur permet une utilisation accrue de la géothermie de surface (sondes géothermiques, pieux et paniers) et, selon le contexte juridique, des aquifères de surface. Ces technologies forment des sources de chaleur renouvelable pour les pompes à chaleur.

2. Le stockage de chaleur saisonnier permet d'exploiter davantage les sources thermiques telles que les rejets de chaleur des usines d'incinération des ordures ménagères ou la chaleur issue de la géothermie profonde. En outre, cette technologie compense les variations saisonnières de la demande en chaleur. Selon le type d'accumulateur, les pertes de chaleur et les températures du réseau de distribution, une pompe à chaleur supplémentaire peut être nécessaire pour exploiter la chaleur accumulée. Toutefois, les températures élevées offrent à la pompe un haut degré d'efficacité et réduisent ses besoins en électricité.
3. Le stockage de la chaleur dans des champs de sondes géothermiques et la température plus élevée qui en découle permettent de remplir les sondes géothermiques avec de l'eau plutôt qu'avec un mélange d'eau et de glycol, ce qui améliore la capacité thermique et réduit la viscosité du fluide. En conséquence, les pertes dues aux frottements et le besoin en électricité de la pompe de circulation sont eux aussi atténués. De plus, il est possible de rehausser la température de la pompe à chaleur (température de source) afin de réduire l'énergie nécessaire à son fonctionnement et d'augmenter son efficacité. L'ensemble de ces mesures peut faire baisser la consommation d'électricité de l'installation d'environ 10 à 20%.

Quel est le potentiel des accumulateurs de chaleur saisonniers?

L'exploitation du potentiel de ces technologies reste très limitée en raison de la concurrence d'autres agents énergétiques. À l'heure actuelle, les accumulateurs de chaleur saisonniers ne sont rentables que dans des cas très spécifiques, par exemple s'il existe un besoin en froid élevé sur le terrain ou le site et qu'un champ de sondes géothermiques peut être installé pour l'approvisionnement en chaleur (c.-à-d. que l'autorisation relative à la protection des eaux est accordée). Pour les réseaux thermiques qui fonctionnent avec des rejets de chaleur ou de la chaleur ambiante, la couverture des pics de consommation par des énergies fossiles constitue actuellement la solution la plus avantageuse. Toutefois, en raison de stratégies climatiques internes, certains exploitants misent dès à présent sur le bois, une source d'énergie un peu plus chère, pour couvrir les charges de pointe. (Cette analyse économique ne prend pas en compte l'évolution des prix due à la situation géopolitique actuelle.)

Les accumulateurs de chaleur jouent un rôle important dans tous les scénarios possibles de décarbonisation complète des besoins en chaleur de confort de la Suisse. À l'heure actuelle, on ne peut pas encore chiffrer le potentiel exact, car le potentiel réalisable est influencé par les conditions économiques et écologiques.

Quelles sont les mesures d'encouragement pour les accumulateurs de chaleur?

Aujourd'hui, le développement de solutions techniques et de stratégies d'exploitation durable est encouragé de diverses manières par la recherche et via des projets pilotes et de démonstration.

La Confédération n'a pas connaissance d'un encouragement direct des accumulateurs de chaleur au niveau cantonal. Indirectement, la promotion d'installations visant à réduire les émissions de CO₂ (Programme Bâtiments) ainsi que le paiement compensatoire de CO₂ peuvent être un moteur pour les projets de décarbonisation.

À l'avenir, il serait par exemple possible de promouvoir des installations de sondes géothermiques plus efficaces fonctionnant avec de l'eau plutôt qu'avec un mélange glycol-eau ou un mélange d'alcools. Cette technologie, qui nécessite en général un apport de chaleur estival, permettrait d'améliorer l'efficacité des installations de sondes géothermiques en hiver.

La rentabilité du stockage saisonnier dépend fortement des prix de l'énergie. Son attrait augmente si les prix de l'énergie sont élevés en hiver.