

Le stockage d’énergie thermique est-il prêt à être commercialisé ?

13 février 2025, 11:27

Pieter Jan Jordaens

Décarbonez la chaleur et la vapeur dans vos processus de production

Les technologies de stockage d’énergie thermique (TES) apparaissent comme une solution révolutionnaire pour fournir une chaleur verte neutre en carbone ainsi qu’équilibrer l’offre et la demande d’énergie dans des conditions intermittentes, tandis que le monde accélère sa transition vers les énergies renouvelables.

Cet article est co-écrit avec Giuseppe Casubolo – Directeur chez Vola Alto Consulting

Score TRL élevé

L’industrie attribue à l’énergie thermique un score de maturité technologique (TRL) de 7 à 9 en moyenne. Contrairement à de nombreuses autres technologies vertes, cette technologie n’a pas besoin de matières premières critiques. Elle est prête à l’emploi, et l’industrie peut tirer parti de l’expérience acquise au cours des dernières décennies à travers la mise en œuvre de ses

différentes applications : centrales solaires à concentration (CSP), systèmes de refroidissement dans les réacteurs chimiques, etc.

> "Il est largement admis que l'électrification des processus industriels est le moyen le plus efficace de réduire considérablement son empreinte carbone."

Quels sont les différents types de stockage d'énergie thermique ?

Les technologies TES sont classées en trois types principaux :

1. **Stockage par chaleur sensible (SHS)** : l'énergie thermique est stockée en augmentant la température d'une substance solide ou liquide (ex. : eau, pierres, sable, sels fondus). Cette technologie est la plus éprouvée, car elle est largement utilisée dans des applications telles que les centrales solaires thermiques (CSP).
2. **Stockage par chaleur latente (LHS)** : les matériaux à changement de phase (PCM) stockent l'énergie à une température presque constante. Bien que ce concept soit simple, les systèmes basés sur cette technologie nécessitent des matériaux spécialement conçus et sont encore en cours de développement.
3. **Stockage thermochimique (TCS)** : des réactions chimiques réversibles sont utilisées pour stocker et libérer l'énergie thermique. Cette méthode offre des densités d'énergie élevées, de hautes performances et un potentiel de stockage à long terme, ce qui en fait une solution intéressante de stockage d'énergie saisonnier. Cependant, elle nécessite davantage d'activités de R&D pour atteindre un niveau commercial.

Dans quelle mesure le marché est-il prêt ?

Les technologies TES sont conçues pour **stocker l'énergie thermique** en vue d'une **utilisation ultérieure**. Par exemple, lorsqu'elles sont associées à une chaudière électrique, elles peuvent offrir une solution complète pour produire de la **chaleur (verte) neutre en carbone** qui sera ensuite utilisée dans divers processus industriels ou pour le **chauffage urbain.**

Les technologies TES constituent également une solution **très efficiente** et **rentable** pour équilibrer l'offre et la demande d'électricité ainsi qu'**optimiser l'utilisation globale de l'énergie**.

Les industries, les services publics et les décideurs politiques s'efforcent de trouver des solutions pour **intégrer les sources d'énergie renouvelable**, augmenter leur part dans la **matrice de production** et **réduire leur empreinte carbone**. Les systèmes TES gagnent rapidement en popularité. Malgré le niveau de maturité élevé de la technologie, la capacité du marché à la mettre en œuvre à grande échelle varie en fonction de la faisabilité économique, de la volonté politique des gouvernements et de la disponibilité des infrastructures.

Facteurs de maturité du marché

Il est largement admis que l'électrification des processus industriels est le moyen le plus efficace de réduire considérablement son empreinte carbone. Le chauffage représente environ 50 % de la consommation finale d'énergie et génère plus de 25 % des émissions de gaz à effet de serre dans

le monde.

Il est possible d'atteindre une **neutralité carbone totale** dans le secteur industriel en passant d'une production de chaleur basée sur des combustibles fossiles à une production de chaleur basée sur des énergies renouvelables. Un tel changement ne pourra se faire qu'en mettant en œuvre des systèmes de stockage d'énergie pour faire face à l'intermittence des sources d'énergie renouvelable.

> "Le TES est la solution la plus efficace et la plus économique
> lorsque la chaleur (sous forme de vapeur ou d'autres fluides caloporteurs) est le produit final."

Les considérations économiques, la volonté politique des gouvernements et la maturité des infrastructures jouent un rôle crucial dans l'adoption du TES. Au fil des progrès technologiques, le TES deviendra une composante essentielle d'un système énergétique durable en soutenant **la stabilité du réseau, l'intégration des énergies renouvelables et l'amélioration de l'efficacité énergétique**. Il sera indispensable de résoudre les problèmes actuels de coût et d'évolutivité pour exploiter le plein potentiel du TES dans les années à venir.

Facteurs clés influençant la maturité du marché

Maturité technologique et commercialisation

Les systèmes SHS ont atteint leur viabilité commerciale, en particulier le stockage à base de sels fondus dans les centrales solaires à concentration (CSP). Les technologies LHS progressent grâce à une recherche accrue sur les PCM, mais leur évolutivité et leur coût restent à déterminer. Le TCS est actuellement en phase pilote et de démonstration ; il nécessite un développement supplémentaire avant une pénétration généralisée du marché.

Faisabilité économique

Les technologies TES peuvent réduire les coûts en réduisant les pics de demande énergétique et en améliorant l'efficacité globale. Le coût actualisé de la chaleur (LCOH) du TES dépend de facteurs tels que les coûts de l'énergie (électricité requise pour charger le système), les coûts des matériaux, la durée de vie du système et l'efficacité opérationnelle. Le TES peut s'avérer compétitif par rapport à la chaleur produite grâce au gaz naturel s'il bénéficie des avantages associés à une participation au marché de l'électricité (réserves intrajournalières, de capacité et d'équilibrage ; réserves de restauration de fréquence, etc.).

Appui politique et réglementaire

Les gouvernements du monde entier mettent en œuvre des politiques pour encourager l'adoption du stockage d'énergie en général, y compris des mesures d'incitation et des mandats pour l'intégration des énergies renouvelables et la neutralité carbone. La tarification du carbone et les objectifs de réduction des émissions peuvent favoriser davantage le déploiement du TES en rendant les sources d'énergie conventionnelles moins compétitives. Néanmoins, l'absence de politiques et de cadres réglementaires normalisés ralentit la croissance du marché.

Infrastructure et intégration avec les énergies renouvelables

Le TES peut facilement être intégré aux systèmes solaires thermiques et aux systèmes de récupération de chaleur résiduelle industrielle. L'infrastructure de chauffage et de refroidissement urbains peut également être améliorée avec des solutions TES pour optimiser la consommation d'énergie. La congestion et les restrictions du réseau peuvent être atténuées grâce au TES et à d'autres solutions de stockage d'énergie. En conclusion, le TES est la solution la plus efficace et la plus efficiente lorsque la chaleur est le produit final.

Perspectives d'avenir

L'avenir des technologies TES semble **extrêmement prometteur**, porté par l'amélioration de l'efficacité du système, les progrès réalisés en matière de matériaux, les réductions de coûts et les politiques de soutien.
Les technologies de stockage d'énergie thermique atteignent un niveau de maturité commerciale plus ou moins élevé, le stockage par chaleur sensible étant la technologie la plus éprouvée. Les considérations économiques, la volonté politique des gouvernements et la maturité des infrastructures jouent un rôle crucial dans leur adoption.

De nombreux experts internationaux s'attendent à une croissance phénoménale du TES dans les années à venir. Le TES deviendra une composante essentielle d'un système énergétique durable, en réduisant les émissions de gaz à effet de serre et en soutenant la stabilité du réseau, l'intégration des énergies renouvelables et l'amélioration de l'efficacité énergétique. Il sera indispensable de résoudre les problèmes actuels de coût et d'évolutivité pour exploiter le plein potentiel du TES dans les années à venir.

Auteurs



Pieter Jan Jordaens