

Exploiter l’énergie thermique pour demain

13 février 2025, 10:43

Pieter Jan Jordaens

La solution prête à l’emploi pour décarboner votre production industrielle de chaleur

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

Une solution viable pour décarboner l’industrie aujourd’hui

La mise en œuvre des énergies renouvelables et l’électrification des transports et des processus industriels sont des piliers clés dans les stratégies de nombreux pays pour réduire les émissions de carbone, à juste titre. Heureusement, 90 % de ces efforts urgents de réduction peuvent être réalisés grâce à une meilleure efficacité énergétique et à l’électrification basée sur les énergies renouvelables.

Toutefois, les **énergies renouvelables présentent un défi de taille** : leur intermittence, étant donné que la disponibilité des ressources naturelles fluctue. Le stockage d’énergie thermique (TES) **réduit les pics de demande énergétique** et **diminue les coûts de production** tout en réduisant les émissions de CO2, en stockant l’énergie (renouvelable) pendant les périodes de faible demande et en l’utilisant pendant les périodes de forte demande. Le TES améliore

également l'efficacité énergétique et favorise l'écrêtement en exploitant la chaleur résiduelle et l'électricité en dehors des heures de pointe pour équilibrer les charges énergétiques. Tout cela, même lorsque le vent ne souffle pas ou que le soleil ne fournit pas d'énergie solaire !

Haut potentiel

Les technologies TES peuvent faciliter l'introduction d'une part plus importante d'énergies renouvelables et contribuer à la décarbonation de secteurs clés tels que l'énergie, les processus industriels, le chauffage ou le refroidissement urbain, les applications de la chaîne du froid et les bâtiments. En 2020, environ 234 GWh de TES ont été installés à l'échelle mondiale, et selon l'IRENA, la capacité du TES devrait tripler d'ici 2030 pour atteindre 800 GWh.

Niveau de maturité technologique (TRL) élevé

Bien que la technologie de stockage électrochimique progresse rapidement (batteries Li-ion, etc.) , les solutions de stockage d'énergie alternatives telles que les technologies TES offrent de nombreux avantages différents, parmi lesquels une dégradation plus faible (durée de vie beaucoup plus élevée) ; une utilisation plus sûre sans risque d'incendie ; un score TRL élevé (7 à 9 en moyenne) ainsi qu'une moindre dépendance à l'égard des matières premières critiques, souvent localisées dans des pays géopolitiquement sensibles et dont l'extraction a une plus grande incidence négative sur l'environnement.

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

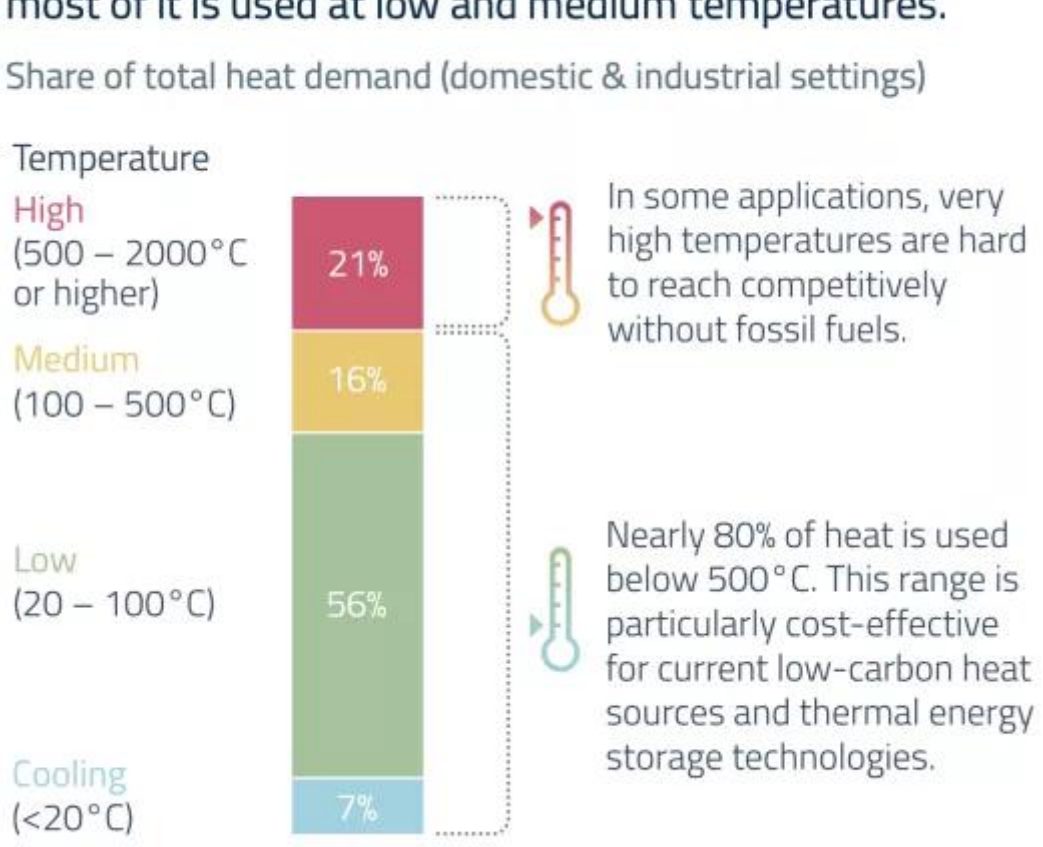
Les technologies TES sont classées en trois types principaux :

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).
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.
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.

Le rôle de la production de chaleur dans le changement climatique

La consommation d'énergie à des fins de production de chaleur est responsable de plus de **25 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre** (l'industrie étant responsable de 14 Gt de CO2/an sur 55 Gt d'émissions totales, et les bâtiments de 5,5 Gt/an).

La chaleur représente **50 % de la consommation finale d'énergie** à l'échelle mondiale, mais seulement **25 % proviennent de sources renouvelables** (essentiellement de la biomasse), la majorité (75 %) s'appuyant encore sur des sources non renouvelables. La demande en chaleur couvre une large gamme de températures.



L’importance du TES pour décarboner la chaleur

En associant le TES à une chaudière électrique dans les processus industriels de production de chaleur, il est possible de passer des combustibles fossiles aux énergies renouvelables et ainsi de



Comment financer votre installation de stockage thermique ?

CAPEX: vous investissez dans votre propre installation de stockage d’énergie thermique

OPEX: contrats d’achat de chaleur (HPA)
Pour encourager l’adoption du TES, certains fournisseurs de technologies (ex. : Brenmiller, John

Cockerill, Kytogroup, Energynest, etc.) proposent à leurs clients des contrats d'achat de chaleur (HPA) similaires aux contrats de location. Ils garantissent une prévisibilité financière aux producteurs d'énergie et permettent aux entreprises d'atteindre leurs objectifs en matière de développement durable sans coûts initiaux importants, avec l'avantage de passer d'un modèle CAPEX à un modèle OPEX. Les entreprises peuvent acheter de l'énergie thermique renouvelable à des **prix stables** en concluant des contrats à long terme avec des producteurs d'énergie thermique sans investir directement dans la construction de leur propre infrastructure de stockage d'énergie thermique. Tout comme les contrats d'achat d'électricité (PPA), les contrats d'achat de chaleur (HPA) offrent aux entreprises **un moyen fiable et rentable** de sécuriser leur approvisionnement en énergie thermique verte (vapeur, huiles thermiques, gaz chauds) tout en réduisant considérablement leur bilan carbone. Les HPA sont particulièrement intéressants dans les industries qui abandonnent les combustibles fossiles pour l'électricité, car ils leur permettent d'atteindre leurs objectifs en matière de développement durable. Les HPA jouent également un rôle essentiel dans la transition énergétique en soutenant l'expansion de projets basés sur les énergies renouvelables.

OPEX: Heat as a Service (HaaS) ou Heat as a Product (HaaP) ?
Les fournisseurs de technologies TES peuvent proposer des HPA au moyen des modèles **Heat as a Service**. Il s'agit d'un contrat tout compris pour le chauffage. Le copropriétaire n'achète plus une installation de chauffage collectif, mais uniquement la chaleur qu'elle consomme. Le fournisseur s'occupe de tout : la conception, l'installation, la maintenance, la réparation, ainsi que le financement des travaux et la fourniture de gaz. Tous les aspects techniques, financiers et administratifs sont inclus dans le contrat. Les copropriétaires n'ont donc plus de souci à se faire, car en cas de panne ou de défaillance technique, ils ont la garantie qu'ils n'auront pas à payer un euro de plus.

Dans son **livre blanc "Tackling heat electrification to decarbonize industry"** , McKinsey souligne : « Nos recherches montrent que le modèle HaaS appliqué aux processus industriels est moins populaire que la production sur site avec des technologies de cogénération (CHP). Toutefois, en raison du capital supplémentaire requis et des nouveautés techniques qui accompagnent les technologies d'électrification, les clients industriels ayant des exigences élevées en matière de fiabilité pourraient privilégier les modèles HaaS. »

Auteurs



Pieter Jan Jordaens