



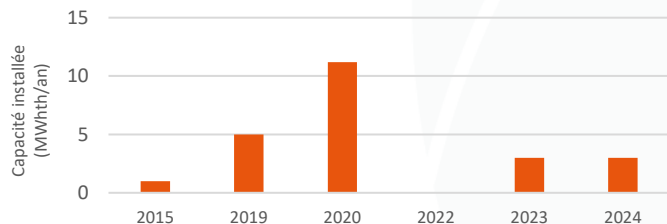
RÉSUMÉ EXÉCUTIF

*Etude ALLICE #33 : Freins et leviers au
déploiement du stockage de chaleur à
haute température dans l'industrie*

Bien que les projets de stockage de chaleur offrent des avantages en termes de performance énergétique, leur déploiement semble se heurter à des difficultés.

Le stockage de chaleur consiste à stocker un flux de chaleur dans un stockage (sensible, latent, chimique) pour en permettre une utilisation ultérieure. Il a pour intérêt de **valoriser des flux de chaleur fatale** et d'optimiser la consommation et donc les coûts énergétiques. En 2021, ALLICE a réalisé une première étude technique sur le stockage de chaleur dans l'industrie, présentant un **état de l'art des solutions existantes** ainsi que plusieurs études de cas évaluant la faisabilité technique de l'implémentation de ces solutions.

Aujourd'hui, bien que les projets de stockage de chaleur offrent des avantages en termes de performance énergétique, leur déploiement semble se heurter à des difficultés. Cela soulève des questions sur le marché cible de ces solutions et sur les modèles économiques qui pourraient accélérer leur adoption. En effet, **les capacités de stockage thermiques déployées dans l'industrie restent limitées**. Ces deux dernières années les nouvelles capacités de stockage installées dans le monde pour la récupération de chaleur fatale ont été de l'ordre de 3 à 4 MWh thermique, après une année record en 2020 ayant donné lieu à la mise en opération d'une capacité de stockage de plus de 10 MWh thermique. Le potentiel théorique est pourtant important et pourrait **représenter 300 GWh de capacités installées**.



Nouvelles capacités installées de dispositifs de stockage de chaleur fatale (Monde)

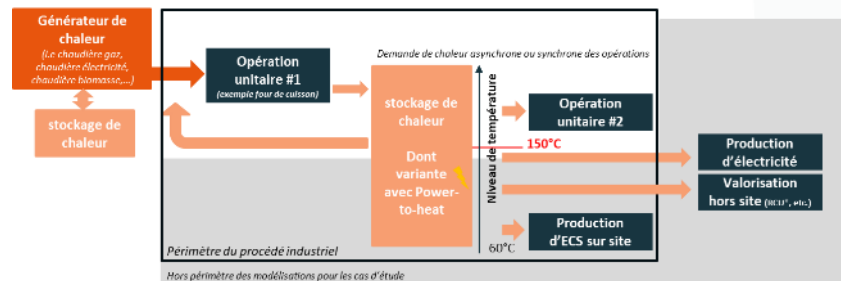


Schéma des différentes options de valorisation d'un stockage de chaleur dans l'industrie

Objectif de l'étude

L'objectif de cette étude est donc **d'analyser les conditions nécessaires au déploiement du stockage** de chaleur dans l'industrie. Il s'agit notamment de comprendre le marché actuel, d'identifier les secteurs pertinents pour la mise en œuvre des technologies et d'identifier les leviers et les modèles économiques susceptibles de stimuler le déploiement du stockage de la chaleur dans l'industrie. L'étude s'est focalisée sur des cas industriels d'application **stockage de chaleur + valorisation haute température** (supérieur à 150°C). L'analyse d'un couplage avec une solution de **power-to-heat** a également été considérée.

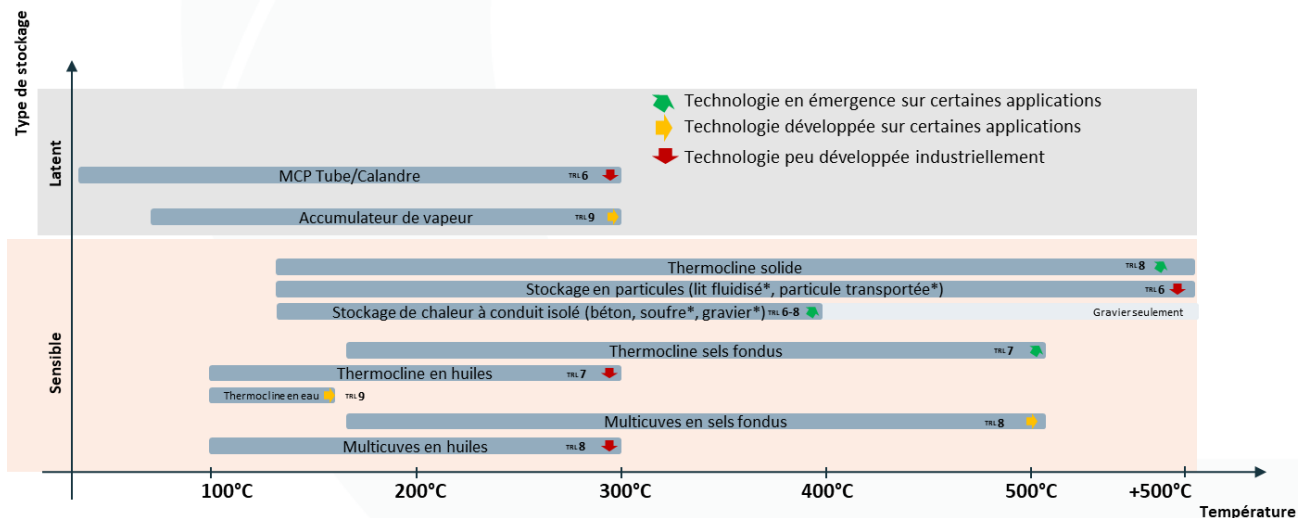
Une prédominance des technologies de thermocline solide chez les développeurs de technologie

Une mise à jour de l'état de l'art technologique a été réalisée par rapport à la dernière étude publiée par l'Alliance ALLICE. Ce travail a notamment porté sur les données économiques, la maturité des technologies, l'identification des projets déployés et une analyse des acteurs positionnés sur ce marché. On constate ainsi un intérêt marqué pour la plupart des acteurs du stockage thermique pour les **technologies de thermoclines solides**.

Ayant une meilleure stabilité thermique et hydraulique par rapport aux thermoclines liquides, les thermoclines solides présentent une gamme nominale de fonctionnements (principalement débit et variation de température) la plus large de l'ensemble des technologies de stockage et également une capacité de charge/décharge très rapide. Cet intérêt a permis **d'accélérer la mise à maturité de cette technologie**, désormais commercialisée avec un TRL de 8.

Des fiches détaillées pour chacune des technologies sont présentes dans le rapport de l'étude.

Panorama des technologies qui a été réalisé en fonction des plages de température de stockage et des niveaux de maturité



* Technologie ajoutée au panorama par rapport à l'étude ALLICE de 2021

La mise en place de système de stockage thermique présente uniquement un intérêt pour des procédés batch ou ayant une discontinuité de production

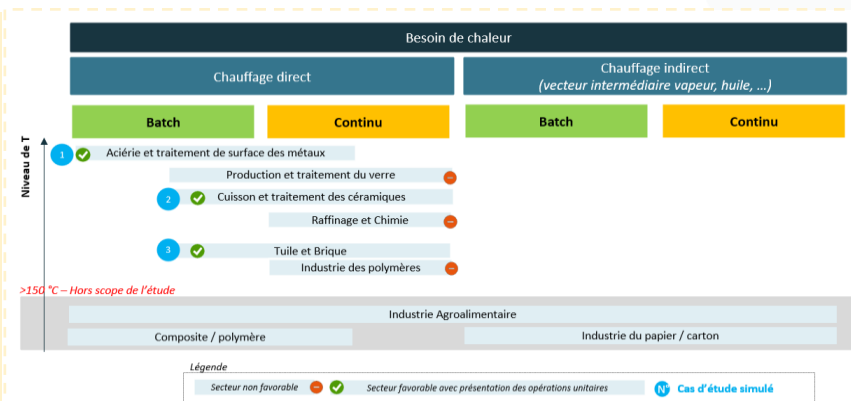
Les technologies de stockage de chaleur haute température présentent un intérêt pour les procédés industriels présentant les caractéristiques suivantes :

- Une conduite opératoire discontinue en batch (intermittent).
- La gestion d'une discontinuité de procédé entre des opérations continues à haute température et des opérations unitaires batch.

L'analyse des opérations unitaires industrielles a permis d'identifier trois principaux secteurs favorables à la mise en œuvre de système de stockage à haute température (supérieur à 150°C) :

- L'industrie de l'acier et du traitement des métaux
- La cuisson et le traitement des céramiques
- L'industrie des tuiles et des briques

Pour chacun de ces secteurs, des cas d'études modélisant l'intégration d'un système de stockage thermique ont été réalisés.



Power-to-heat : opportunité importante pour le développement du stockage

Le développement des énergies renouvelables intermittentes fait émerger une opportunité de chaleur renouvelable flexible pour l'industrie : le **Power-to-Heat (P2H)**. Le marché du stockage thermique avec power-to-heat pour des applications de production de vapeur a un fort intérêt pour les acteurs en leur permettant d'accéder à :

- un marché d'une profondeur 10 fois plus importante
- Une nouvelle source de revenus pour les projets en optimisant les coûts de fourniture d'électricité.

Une adaptation des technologies de stockage thermique sur cette application permettrait de disposer d'une profondeur de marché suffisante pour justifier le déploiement d'investissement favorable à l'industrialisation des technologies.

Le rapport propose une analyse critique et un plan d'action structuré pour accélérer le développement de la filière du stockage de chaleur haute température

Les recommandations pour accélérer le développement des applications de stockage thermiques ...

Ecosystème	Marché et technologie	Financement
Structurer la chaine de valeur afin de rendre plus efficaces les rôles de chacun	Rendre la technologie plus accessible aux différentes parties prenantes	Faciliter le financement des projets de stockage de chaleur

... structurées en quatre leviers principaux

Levier 1	Acculturer l'ensemble des parties prenantes au stockage thermique dans l'industrie	Levier 3	Stimuler la baisse des coûts et l'industrialisation de la technologie
Levier 2	Simplifier l'analyse des risques pour le financement des projets	Levier 4	Générer le maximum de valeur pour un projet donné