

Fiche REX : Stockage thermique haute température

à l'aide de céramiques qui récupèrent la chaleur fatale
Financements Crédit-bail et Fonds Chaleur

CONTEXTE



Opération réalisée

- Optimisation de la production de tuile et de la consommation de gaz naturel par la mise en place d'un stockage thermique

Entité

- Eco-Tech Ceram, Rivesaltes (66)
- TEGULYS, Meymac (19)

Coût

- Investissement total : 200 k€
- ROI de 5 ans

Economies

- 1 GWh/AN
- 250 T/AN DE CO₂
- 25 k€/AN)

Dates clés

- Mai 2019 : lancement du projet
- Août 2019 : mise en service
- Novembre 2021 : Inauguration

✓ Besoins et concept

Certains fours perdent jusqu'à 70% de la chaleur qu'ils consomment dans les fumées. Parfois le besoin de chaleur n'est pas simultané avec ce gisement de chaleur fatale. Dans ce cas, le stockage de la chaleur permet de capter, stocker, puis de valoriser la chaleur fatale au bon moment.

De manière générale, le stockage thermique permet d'optimiser les performances des systèmes énergétiques, en restituant au bon moment la chaleur, en subvenant aux pics de consommation et aussi par les conversions électricité-chaleur.

✓ Le concepteur - la société Eco-Tech Ceram

Eco-Tech Ceram (ETC) est une société d'ingénierie en écologie industrielle spécialisée dans la valorisation de l'énergie (fatale et renouvelable) et de la matière (inorganique).

ETC fournit aux industriels des solutions clef en main permettant de générer de nouveaux revenus à partir de leurs déchets (Energie ou matière). Pour une efficacité maximale, ETC fournit également un service d'ingénierie financière afin que les industriels puissent améliorer leur compétitivité, tout en réalisant leur transition bas carbone, le tout sans avoir à investir

✓ L'utilisateur - TEGULYS

En 1926, Jean Ducrot l'arrière-grand-père de Nicolas Ducrot, crée son usine artisanale de tuiles et briques. En 1982, afin d'améliorer sa rentabilité, la famille Ducrot devient la première entreprise artisanale à s'équiper d'un robot industriel. Pour répondre aux besoins du marché TEGULYS propose une centaine de produits différents. Cette large gamme de produit demande une grande flexibilité de production. Seuls les fours intermittents permettent une telle flexibilité. Malheureusement, ce type de four présente un inconvénient de taille à savoir un rendement énergétique dégradé de l'ordre de 30%.



Vues des fours à sole mobile, utilisés pour la cuisson puis le séchage des tuiles, chez TEGULYS (66) entreprise de 10 personnes

*« Nous sommes le premier site industriel à accueillir la solution **Eco-stock**[®] développée par la société Eco Tech Ceram. La confiance et le soutien de la Région ont été déterminants pour valider le bien-fondé de cette solution et l'adapter sur mesure aux besoins de Céramiques et Développement (TEGULYS). Au final, nous sommes doublement satisfaits : la solution Eco-Stock[®] permet d'améliorer l'efficacité énergétique de la cuisson mais également d'augmenter notre capacité de production. »*

Nicolas Ducrot, Dirigeant de Céramiques et Développement - TEGULYS



Les tuiles à l'intérieur de l'usine TEGULYS

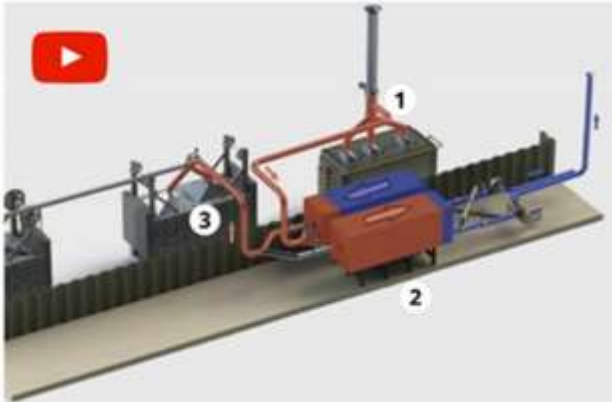


La solution **Eco-Stock**[®] à l'extérieur de l'usine

PRESENTATION DE LA SOLUTION

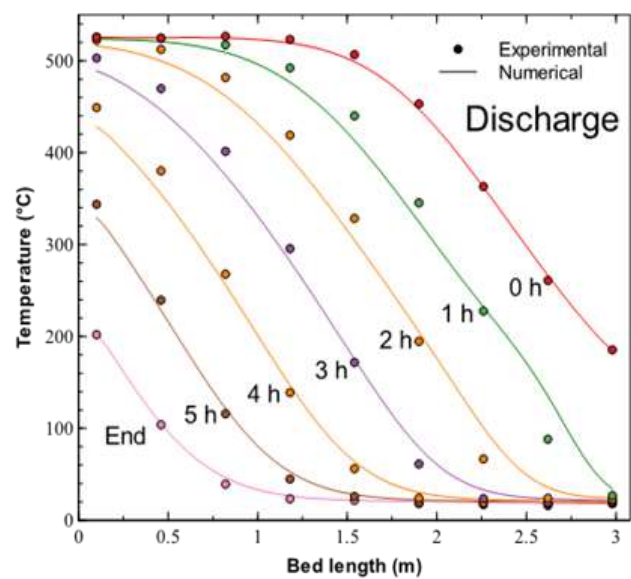
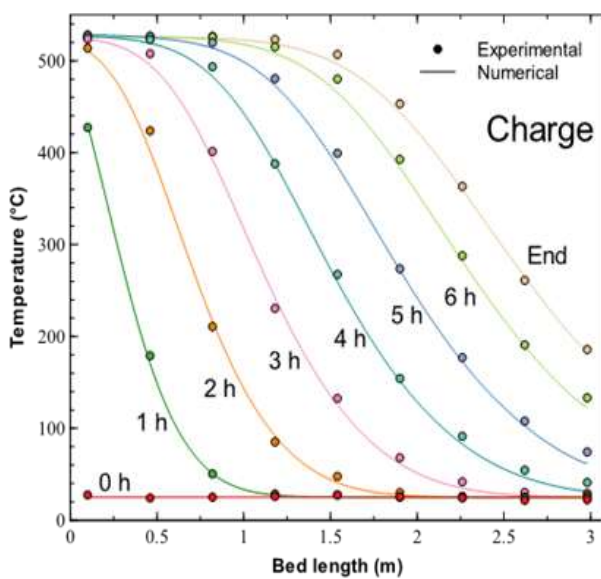
✓ Zoom technique

La solution est constituée dans la version type : de deux unités de stockage Eco-Stock® [2], d'un réseau aéraulique permettant la récupération du gisement de chaleur fatale le plus souvent raccordé à la cheminée du four de cuisson [1], d'un autre équipement pour la valorisation de la chaleur fatale, par exemple un séchoir [3], et d'un Système de Management de l'Énergie (voir schéma et photos ci-après).



Le lien sur les images permet d'accéder aux vidéos explicatives (*touche ctrl + clic*).

Les graphes, ci-dessous, montrent les évolutions des courbes de charge thermique (à gauche) et de décharge (à droite) d'une unité Eco-Stock. Par exemple, la portion de la céramique, située à 1,5 mètre (*bed length*) après l'entrée des fumées à haute température (530°C) dans l'Eco-Stock, atteindra après un de temps de charge de 4 heures la température de 250°C (graphe de gauche).



Fiche technique d'un dispositif de stockage proposé par Eco-Tech Ceram, avec les caractéristiques dimensionnelles et énergétiques.

PARAMETRES TECHNIQUES	
Dimensions	
Longueur extérieure L [m]	6.1
Largeur extérieure l [m]	2.4
Hauteur extérieure H [m]	2.6
Empreinte au sol [m ²]	14.64
Volume intérieur du container [m ³]	33
Poids total [t]	17
Condition d'utilisation	
Température de stockage [°C]	600
Fluide de transfert	Fumées de combustion ou air
Disponibilité annuelle [h]	8 700
Raccordement entrée/sortie	Brides normalisées DN 550 / 400
Energie stockée maximale [MWh]	
Puissance [kW]	150 – 1 000
Empreinte au sol [MWh _{st} /m ²]	0.14
Densité énergétique maximale [MWh/m ³]	0.05
Densité énergétique maximale [MWh/t]	0.09
Temps de charge [h]	1.5 – 10
Temps de décharge [h]	1.5 – 10
Autodécharge [%/jour]	6 %
Rendement thermique [MWh _{out} /MWh _{in}]	> 93 % en utilisation standard
Matériaux de stockage	Céramiques (conventionnelles / économie circulaire)
Pertes de charges max [mbar]	80
Durée de vie	
Nombre de cycle admissible [cycles]	10 000
Sécurité	
Température maximale à la paroi extérieure [°C]	Inférieure à 60°C
Autre	Non inflammable, non toxique

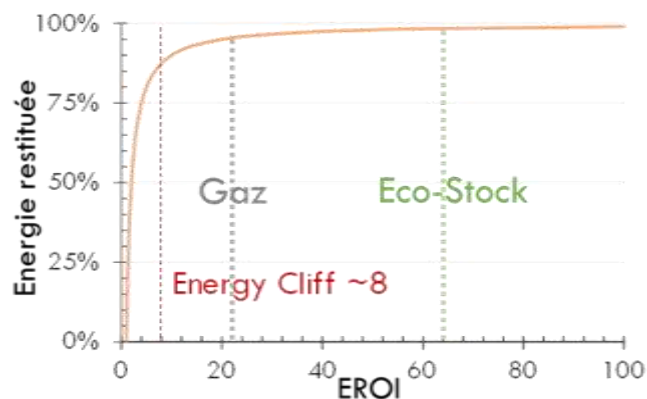
Le rendement thermique est donné comme la quantité de chaleur récupérée en sortie de stockage par rapport à la quantité introduite précédemment dans celui-ci.

Un indicateur des performances environnementales est généralement présent sur les installations Eco-Stock®. Il permet notamment de communiquer sur l'énergie valorisée et la quantité de CO2 économisée depuis la mise en service de la solution.

L'analyse de cycle de vie (ACV ou LCA en anglais) et l'étude du taux de retour énergétique (TRE ou EROI en anglais) ont montré qu'1 MWh issu de l'Eco-Stock® est 180 fois moins émetteur de CO2 que le gaz naturel. Ainsi, le TRE est de 65 contre autour de 25 pour le gaz naturel ce qui permet un temps de retour énergétique et CO2 de la solution de moins de 4 et 2 mois d'utilisation respectivement.



Suivi des performances grâce à un EMS



Extrait de l'analyse de cycle de vie

✓ Zoom économique

Etapes de la démarche

Au vu du mode de fonctionnement intermittents des fours, l'entreprise TEGULYS décide de s'équiper d'une solution de valorisation de chaleur fatale de type Eco-Stock (elle sera la première au monde en 2018). Après un pré-diagnostic convaincant et une étude de faisabilité technique, une analyse économique préalable aux investissements a été réalisée (cahier des charges ADEME). A partir de ces résultats, ETC a pu convaincre la BNP Paribas de financer l'infrastructure via un crédit-bail afin que TEGULYS puisse réaliser des économies dès la première année sans avoir à investir.

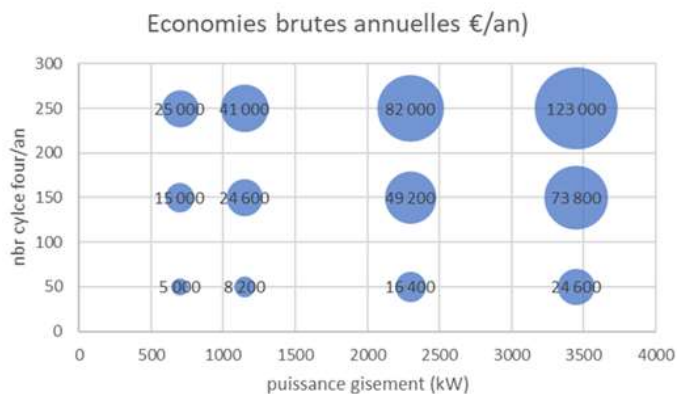
Ce projet a représenté un investissement total de 200 k€. Pour financer ce projet, l'industriel a utilisé deux solutions de financement :

- D'une part, un soutien de la Région Nouvelle-Aquitaine et du fonds chaleur de l'ADEME. Les subventions obtenues ont couvert 50% du montant total.
- D'autre part, une solution de crédit-bail proposée par la BNP Paribas pour financer les 50% restant.

Finalement, l'industriel a pu déployer sa stratégie Bas-Carbone sans avoir à investir. Pendant 5 ans, la société TEGULYS va rembourser son crédit-bail, et au-delà de ce délai, l'intégralité de l'installation lui appartiendra. La société bénéficiera alors de 100% des économies réalisées.

En régime permanent cette installation génère :

- 1 GWh d'économie d'énergie
- 250 t de CO₂
- 25 k€/an



Le rendement économique et environnementale de cette solution est directement proportionnel à la quantité de chaleur valorisée, elle-même fonction : de la puissance des fours, de la durée des cycles et du nombre de cycles par an. Le graphique, ci-dessous, représente les économies brutes annuelles réalisables en fonction du nombre de cycle et de la puissance de gisement. La durée de cycle est fixée à 35h, le prix de l'Énergie à 30€/MWh.

Selon ces paramètres, les économies sont comprises entre 5 k€ et 123 k€ par an

Le tableau ci-dessous récapitule les principaux résultats après une année d'exploitation :

CRITÈRE	RESULTAT
Energie chargée par Eco-Stock (kWh/cycle)	2520
Energie déchargée par Eco-Stock (kWh/cycle)	2240
CO2 économisé par Eco-Stock (kg CO2/cycle)	450
Economies nettes réalisées (€/cycle)	103
Nbr de cycles four/an	250
Économies nettes annuelles (€/an)	25750

ENSEIGNEMENTS

Pour mener à bien un projet de stockage thermique, il faut respecter des étapes-clefs.

- **Réaliser un diagnostic** : identifier les sources et puits de chaleur fatale - recenser et valider l'adéquation temporelle, niveaux de température, puissance et énergie sur base de mesures et des données de fonctionnement.
- **Définir les équipements** : Point de vigilance essentiel sur le CAPEX qu'il faut chercher à réduire pour augmenter la compétitivité des solutions) – autres points, les ressources (OPEX : exploitation, maintenance, contrôle réglementaire...) et le planning (arrêts-démarrage).
- **Identifier les solutions de financement** et les mécanismes de soutien (CEE dont les CEE spécifiques (voir le point ci-après), fonds chaleur, tiers financement, prêts à taux réduits) ainsi que les compléments de rémunération, tarif de rachat de l'énergie, taxe carbone.
- **Valider l'investissement**, appel d'offres, contractualisation et mise en œuvre.
- **Suivre les performances énergétiques** dans le temps pour viser une amélioration continue.

FACTEURS DE REPRODUCTIBILITES

1. Grace au calculateur réalisé par Eco-Tech Ceram, il est possible d'**extrapolé les résultats actuels** vers d'autres sites industriels.
2. **Une fiche d'opération standardisée CEE** est en cours de d'analyse auprès des services du Pôle National.
3. Le dispositif de stockage peut être utiliser vers **d'autres modes de conversion des énergies**, comme par exemple le Power to Heat, Power to Power....

Extrapolation

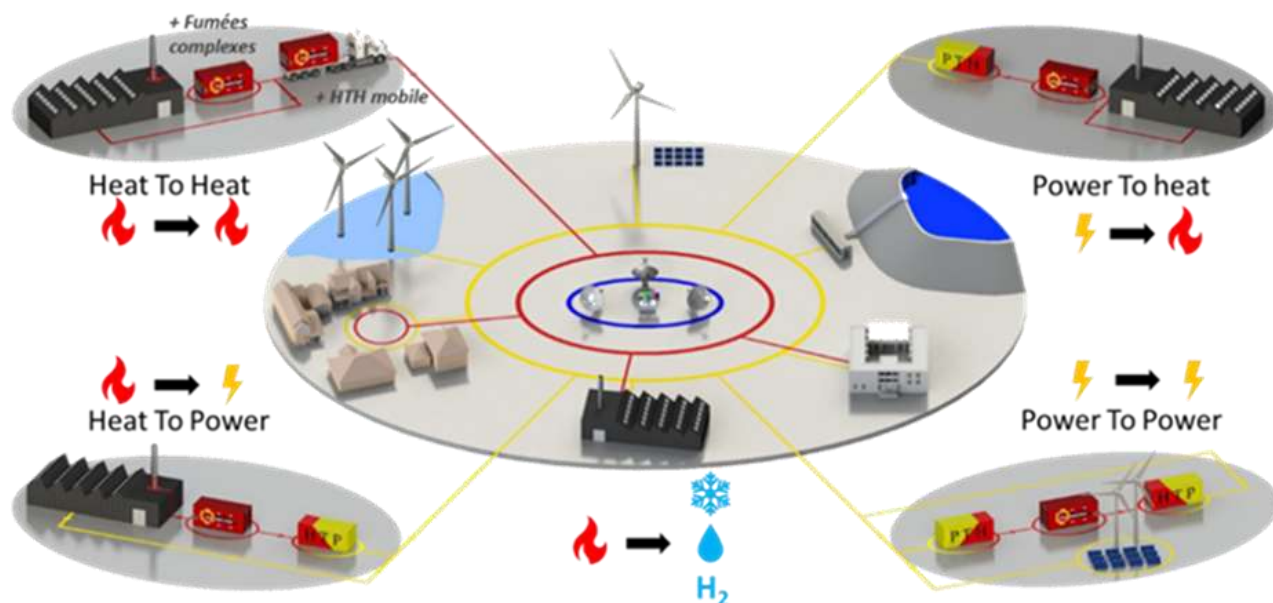
Selon les valeurs de gisements de chaleur fatale (source ADEME), il y aurait environ 30 TWh à plus de 200°C par an valorisable concernant les fumées de fours. Parmi ce gisement, il y a un cœur de cible de 10 TWh/an de chaleur intermittente à plus de 200°C.

Fiche CEE opération standardisée

Dans le cadre des travaux effectués par le GT stockage thermique, l'ATEE a mis au point une nouvelle fiche d'opération standardisée des CEE pour la valorisation de chaleur fatale par le stockage thermique haute température. Cette fiche est en cours d'analyse auprès des services du Pôle National des CEE.

Autres applications du stockage thermique

Dans le graphique ci-dessous sont représentées 8 applications possibles avec l'Eco-Stock®.



1. **Heat To Heat** : valorisation de la chaleur sous forme de chaleur
 - Séchage
 - Préchauffage air combustion
 - Préchauffage matière entrante
2. **Heat To Heat mobile** : transport par la route et valorisation externe de la chaleur (lieux de production et consommation de chaleur différents)
3. **Heat To Power** : valorisation de la chaleur sous forme d'électricité après conversion par des machines thermodynamiques de type :
 - ORC
 - Turbine vapeur
 - Moteur air chaud
4. **Heat To Cold** : valorisation de la chaleur sous forme de froid avec réacteurs absorption
5. **Heat To H₂** : valorisation de la chaleur sous forme de H₂ avec des réacteurs HT
6. **Heat To Desalination**: valorisation de la chaleur par distillation thermique
7. **Power To Heat** : valorisation de l'électricité à faible valeur ajoutée sous forme de chaleur décarbonée haute température. Cette solution est semblable au fonctionnement du chauffe-eau solaire.
8. **Power To Heat To Power** : combinaison des solutions PTH et http. La Solution PTP vient compléter les systèmes de stockage d'électricité. De la même manière que fonctionne les STEP (Stations de Transfert d'Énergie par Pompage), elle permet de stocker l'électricité lorsque la production est supérieure à la demande, puis de restituer de l'électricité lorsque la demande est supérieure à la production afin d'éviter l'utilisation des centrales fossiles d'appoint.

Pour plus d'informations:

○ **Eco-Tech Ceram :**

Antoine MEFFRE Président –
antoine.meffre@ecotechceram.com

○ **TEGULYS :**

Nicolas DUCROT Dirigeant

○ **ATEE :**

contact@atee.fr

Cette fiche a été élaborée avec le soutien de :

