

Compte rendu de la journée technique solaire thermique ADEME

Sophia Antipolis 26 avril 2018

L'ADEME, en partenariat avec Enerplan, avaient réuni le jeudi 26 avril à Sophia-Antipolis, les acteurs internationaux de la chaleur solaire, afin d'échanger sur les innovations de la filière et les perspectives de réduction de coût, d'optimisation de performance et de croissance.

La matinée a démarré avec des présentations des membres de l'Agence Internationale de l'Energie (AIE) et plus précisément les contributeurs à la tâche 54 (réduction des coûts) de la plateforme chaleur et froid solaire (Solar Heating and Cooling – SHC).

En essence, les présentations portaient sur les thématiques ci-dessous.

Daniel Mugnier

Tecsol – Tâche 54 SHC

[La tâche 54 SHC](#)

A l'échelle mondiale, le Solaire Thermique (ST) pour la production de chaleur représente une part non négligeable des EnR, même si cette énergie croît moins rapidement ces dernières années. SHC représente 20 pays et travaille sur 10 tâches, pour permettre d'approfondir sur des technologies particulières sur le mode de forums d'échanges internationaux avec conférences, webinars, newsletters... Les objectifs 2019-23 portent sur l'amélioration de la performance, la réduction des coûts et le travail sur des applications de chauffage et de refroidissement ST + PV. Déjà une soixantaine de tâche ont été menées, avec une dizaine d'actives dont la rénovation des bâtiment historiques à zéro énergie, le PVT, l'ACV, le digital dans le solaire, le PV et ST dans l'industrie et la gestion des déchets. Pour s'inscrire, un portail de l'ADEME est dédié à SHC sur leur site internet.

Stephan Fischer

Université de Stuttgart.

[Importance de la connaissance de la chaîne de valeur](#)

Des travaux sont menés sur la chaîne de valeur du ST et perspectives de réduction de coûts afin de montrer les potentiels de réduction de coût sur l'ensemble de cette chaîne de valeur, à savoir :

- L'architecte, le bureau d'études
- La production
- Le transport
- L'installation
- Le système installé
- La maintenance

Ces postes font intervenir les matières premières, les matériaux semi finis, les sous composants et composants, l'énergie, les machines, la main d'œuvre, le profit, la logistique, les équipements, la R&D, les PR, le marketing, le matériel d'installation... tous ces éléments influencent le coût.

Comment réduire ces coûts :

- Nouveaux matériaux, nouveaux modes de conception
- Optimisation de la production
- Standardisation
- Réalisation d'économies d'échelle
- Réduction de la température de stagnation des capteurs

Yoann Louvet

Université de Kassel

[Evaluation des coûts LCOH \(Levelized Cost Of Heat\)](#)

Les travaux se basent sur un système de référence pour pouvoir effectuer des comparaisons. Le LCOH est utilisé comme indicateur, on regarde l'ensemble de la chaîne de valeur et la durée de vie. C'est un rapport de coût par rapport à une énergie sur une période donnée : on prend en compte l'investissement initial, les subventions, les coûts de maintenance sur une période d'analyse avec un taux d'actualisation sur une énergie de référence.

Dans le solaire, on a besoin d'un appoint ce qui présente la difficulté de prise en compte des coûts de l'appoint et de l'énergie qu'il produit. Trois indicateurs LCOH ont donc été définis : LCOH O (Overall) : système complet, C (Conventional) : appoint, S (Saved) : énergie économisée.

Le système de référence conventionnel sans solaire permet de définir les coûts du ballon de référence et l'énergie finale consommée. En rajoutant l'énergie économisée (S) on obtient le total (O). Dix systèmes de référence ont été établis dans 5 pays européens.

Il faut noter que le LCOH est un indicateur très sensible et dépend beaucoup des hypothèses utilisées qu'il faut donc bien détailler sinon il est impossible de comparer.

Daniel Mugnier

Tecsol, Tâche 54 SHC

[Les obstacles rencontrés dans l'analyse menée par la T54.](#)

Le travail s'est basé sur des retours de terrain et des questionnaires anonymes adressés aux installateurs sur CESI SSC et thermosiphon. On a étudié 194 systèmes, permettant d'obtenir des prix moyens au m², des coûts de main d'œuvre, etc. Il existe une grande variabilité du prix au m².

Pour choisir leur fournisseur, les installateurs choisissent en premier la facilité d'installation, puis le prix et enfin la durabilité et la qualité. La majorité du temps consommé passe par la tuyauterie puis l'installation en toiture et enfin la préparation du chantier.

Les pistes d'amélioration suggérées sont les suivantes : un montage standard, une meilleure communication entre les acteurs, et le fait que les kits ne doivent pas demander trop de temps à la préparation. Il existe également une demande pour la fourniture de vidéos de montage, de meilleures fixations de capteurs, et des capteurs de grande taille.

En ce qui concerne la maintenance, il est demandé : une démarche de commissionnement, le monitoring automatique, l'accessibilité des organes d'expansion, la fiabilité des connexions hydrauliques, la télémaintenance.

On note que les installateurs vendent entre 3 et 750 systèmes par an selon les pays.

La standardisation est demandée dans tous les pays mais avec une attention demandée à la qualité de la pose pour éviter les erreurs ; la crainte d'une perte de qualité existe.

Autre bilan, l'étiquette énergétique n'a pas servi à amener des clients.

Le prix moyen international varie de 800 à 1000 €/du m², la France est dans la moyenne. Avec effet d'échelle on peut baisser à 700 €/du m².

Stephan Fischer

Université de Stuttgart.

[La standardisation des composants](#)

Une recherche a été menée dans l'objectif de réduire les coûts en standardisant les composants et les interfaces : l'objectif étant de les standardiser pour réduire les coûts d'investissement des systèmes.

Les pistes étudiées sont :

- Pour les capteurs : tailles, connexions, systèmes de fixation, de montage, positionnement des sondes de température
- pour les ballons : dimensions, connexions, sondes...

En standardisant, on pourrait réduire les coûts des sous composants, des composants, de l'installation, de la maintenance et obtenir des systèmes plus performants.

Ceci impacterait l'ensemble de la chaîne de valeur : ingénierie, production de masse, logistique, packaging, stockage, transport, temps d'installation, maintenance et donc impacte tout le LCOH.

Possibilité de réduire 10% sur production, 20% installation, 26% maintenance : augmentation de 10% de la durée de vie et de l'énergie économisée pour une baisse LCOH de 9,8 ct€/du kWh.

Il est donc nécessaire de standardiser les systèmes ST.

Wolfgang Kramer

Fraunhofer ISE

[Interface de montage des capteurs : comment réduire les coûts ?](#)

L'objectif est de créer un standard pour réduire les coûts.

Sur 188 systèmes étudiés (68% PV et 32% ST) de 115 fournisseurs, on remarque un marché ouvert pour le PV avec une très grande compétition : on obtient un effet d'échelle sur le PV grâce à des pièces standard ; par contre sur le ST, le marché est fermé car chaque producteur a son propre système de montage donc de faibles volumes de production et par conséquent des coûts élevés (R&D, certifications, pas d'effet d'échelle) entre 25 et 60€/du m² qui ne sont pas vraiment dues à des raisons techniques mais plutôt au fait que chacun a sa propre fixation. Cependant, les fixations

sont différentes mais similaires au niveau des connexions donc il serait possible de créer une interface standardisée qui pourrait être intégrée au marché et compatibles avec la visserie standard, permettant le changement de capteurs existants avec une facilité d'installation (et un impact sur le prix de la pièce et la main d'œuvre pour l'installation). Il existe déjà un clip sur le marché qui pourrait être utilisé avec cette pièce standard. On pourrait gagner entre 10 et 20€ par m² en mettant en œuvre ce standard.

Réduction des coûts de production : outils économiques

Le projet TEWIsol a été mené pour combiner les outils économiques et les méthodes techniques sur la chaîne de valeur complète pour réduire les coûts. On regarde le coût direct et l'influence sur la production d'énergie et l'efficacité énergétique pour optimiser le prix et la performance du système.

L'analyse de complexité permet de réduire la complexité et l'analyse de la chaîne de production regarde le process. L'analyse de valeur regarde les coûts directs sur le produit. L'analyse de performance optimise le design.

On peut atteindre 20 % de réduction de coût voire plus.

L'analyse de la chaîne du process permet d'identifier ce qui génère les coûts, de quantifier la complexité. Auparavant, 2/3 du coût du produit étaient liés au coût direct et 1/3 au coût indirect, aujourd'hui c'est 50/50 : il faut donc regarder les coûts directs et indirects. Ceci est dû à la gamme de produit qui s'est élargie car le client demande aujourd'hui plus de diversité : la gamme a changé, s'est élargie et on a moins de produits standard. Les produits exotiques génèrent plus de coûts indirects (certifications, etc) alors que le prix est fixé souvent en appliquant un % sur le coût direct que le produit soit standard ou exotique : ce qui crée des déficits au niveau du produit exotique mais un prix trop élevé sur le produit standard.

Des outils existent pour permettre de mettre en place des réductions de coût qui permettent d'atteindre 20% de réduction de coûts : les industriels sont encouragés à les utiliser.

Stephan Fischer

Université de Stuttgart.

Comment limiter la température pour réduire les coûts

Réduire la pression dans la boucle solaire tout en gardant des performances élevées : réduire les coûts d'investissement et de maintenance.

Des systèmes existent déjà (refroidissement, autovidangeable, ombres, thermochrome, caloducs...)

Le principe de base est de pouvoir couper la puissance du capteur à une certaine température pour abaisser la température du fluide et éviter la surchauffe. Les caloducs sont conçus pour évacuer la chaleur dans le capteur. Le thermochrome permet d'augmenter l'émission d'infrarouge de 5% à température normale, à 40% à partir d'une certaine température. Une autre possibilité de réduction est d'utiliser du tuyautage en polymère au lieu du métal avec un plus petit vase d'expansion mais pour cela il faut réduire la T° et pas de formation de vapeur possible.



Syndicat des
professionnels
de l'énergie
solaire

Le système caloduc permet d'obtenir la meilleure réduction de coût d'installation. Comme il y a moins de stress sur la boucle, on obtient une plus longue durée de vie des systèmes, des coûts de maintenance réduits, une plus grande durée de vie du fluide qui doit donc être remplacé moins souvent et moins de fluide nécessaire. On obtient une de réduction de coût possible sur les coûts de maintenance qui passeraient de 32% du LCOH à 16% du LCOH. L'impact des caloducs sur le LCOH permet une réduction totale de 24 à 34% du LCOH.

Ces études ont aussi mis en lumière le coût énorme de la maintenance dans le coût du LCOH.

Michaela Meir

Aventa (Norvège)

Les capteurs polymères

Les capteurs polymères ne sont pas sous pression, plus légers, peuvent être installés par le charpentier ou le couvreur. Ils ne peuvent pas fonctionner avec des températures trop élevées. Les économies se font également sur le transport, la manutention. Les coûts sont donc plus bas quelle que soit la taille de l'installation.

L'impact LCOH constaté sur les installations présentées varie de 0,035 €/kWh (dans le neuf), à 0,099 €/kWh en rénovation en Norvège, mais il est difficile de comparer car ces chiffres prennent en compte le solaire seul.

François Veynandt

AEE INTEC Autriche

Le coût dans le collectif

L'étude LCOH a été menée selon la même méthode que dans l'individuel, avec schéma hydraulique simple de production d'ECS avec système de référence, dans différents pays, comparé avec chaleur conventionnelle (gaz naturel).

Ont été prises en compte les différentes ressources solaires, les différences solutions techniques suivant les pays.

Le LCOH est similaire ou inférieur à celui de la chaleur conventionnelle sur la durée de vie. Il faut noter qu'en France on a un coût du gaz très faible par rapport aux autres pays européens.

Pour atteindre ces coûts bas, un partage d'expérience sur les systèmes existants est indispensable et l'initiative SOCOL est citée en exemple, avec notamment les schémas de principe et la mise en service dynamique.

Les approches émergentes en termes de réduction de coût sont : les SSC (notamment avec plancher direct), la boucle unique pour chauffage et ECS, les PAC solaires, les capteurs hybrides, les nouveaux modèles économiques (rendant transparentes les différentes étapes), l'exigence d'imposer une bonne pratique à chaque étape.

Nadine Berthomieu

[ADEME](#) Service Réseaux et Energies Renouvelables – ST Collectif. Etat de la filière, objectifs PPE

Céline Laruelle

ADEME Service Bâtiment _ ST individuel, intégration dans le bâtiment

L'ADEME a rappelé le contexte filière avec les objectifs PPE d'origine et les projections ADEME pour une multiplication par deux des surfaces de solaire thermique dans le bâtiment, par quatre



pour l'industrie et par dix dans les réseaux de chaleur, à l'horizon 2023. Ont également été rappelés tous les appels à projets sur le site de l'ADEME.

Edwige Porcheyre

Enerplan

Cette intervention avait pour but un rappel de l'initiative [SOCOL](#) et des outils disponibles sur le site en accès gratuit.

Emmanuel Leger

[CETIAT](#)

L'étiquette énergétique

Les retours d'expérience concernant les simulations SOLICS et SOLCAL sur les performances des CESI, ont été comparées aux suivis in situ de l'INES.

Le résultat de cette étude montre que les simulations sont très proches des retours terrain et donc fiables.

La journée s'est poursuivie avec des témoignages d'industriels venus présenter leurs innovations techniques et économiques.

Guy Long

Energy Concept Sonnenkraft

[La valorisation du bouclage d'eau chaude sanitaire.](#)

L'usage de la production solaire thermique pour couvrir une partie des besoins de bouclage a pour but de diminuer les consommations d'appoint voire les effacer et augmenter le taux de couverture sans dégrader la productivité.

L'installation présentée utilise le stockage en eau technique (pas de développement bactérien, pas de contrainte T° de stockage, pas d'entartrage de l'échangeur, moins de maintenance + soutien au chauffage ou clim ou piscine.). Inconvénient : échangeur supplémentaire : légère chute du rendement et pompe supplémentaire.

Le stockage est réalisé dans des ballons à stratification pouvant être couplés en parallèle pour maintenir la stratification sur toute la hauteur du ballon.

La boucle solaire fonctionne à bas voire très bas débit pour une haute T° en sortie de capteurs (débit variable : la pompe s'adapte à l'ensoleillement) et une forte stratification dans le ballon avec T° basse en bas de ballon. Ceci permet une minimisation de la consommation électrique de la pompe et diminution de la section de tuyauterie et moins de fluide solaire, réduction de la taille du vase d'expansion.

La charge solaire stratifiée permet d'utiliser l'eau chaude directement pour ECS et chauffage.

Exemple d'une installation à la Penne sur Huveaune (13) : 71% de taux de couverture. Sur les 6 mois suivis, les apports solaires sont supérieurs aux besoins ECS.

François Gibert

Eklor

[Le financement en location longue durée](#)

L'offre est proposée pour des surfaces de 50 à 1000 m²

Le principe : pas d'argent à avancer, pas de souci d'usage.

Il s'agit d'un contrat de location maintenance LLD avec suivi et engagement de performance Ceci pour répondre au problème des coûts de maintenance et de la question de la performance dans la durée. Le client s'engage sur 7 à 12 ans sur un loyer mensuel non indexé, déterminé à l'avance, modulable sous des conditions fixées avec le client.

Les clefs de l'équation économique sont les suivantes :

- Le dimensionnement :
 - Taux de couverture plus élevés
 - Volume de stockage parfois diminué
 - Recherche d'optimum économique en même temps que l'étude technique
- Un développeur unique :
 - Porte l'ensemble de la responsabilité
 - Supprime les empilements de marge et la dilution de responsabilité
 - Intègre dans sa conception tous les aspects de maintenance et durabilité

On augmente le taux de couverture avec prise en charge éventuelle des besoins de bouclage. On ne vise pas un prix au m² mais au kWh avec des schémas simples et robustes. Expérimentation de cette formule en cours avec 20 projets à l'étude. Les 6 projets en cours ont une surface moyenne de 5'm² et un prix moyen posé installé de 615 € HT au m² soit un investissement d'1,33 € HT du kWh pour un loyer moyen de 8 centimes d'€le kWh.

A la fin du contrat : on peut prolonger ou encore réajuster le contrat (si modifications de conso par exemple), dans le cas contraire on arrête et les capteurs sont démontés.

M. Thoméré

Stratocclair

[Réduction des coûts sur les CESI](#)

Objectif : CESI fourni posé 2500€TTC

Pas d'échangeur, pas de glycol : c'est l'ECS qui circule en thermosiphon entre la station et le ballon, circulation forcée entre station et capteurs : utilisation d'un simple ballon électrique ; tuyauterie d'alimentation en matériaux multicouche côté froid. Faible débit, petite pompe, pas de VE (système anti-surchauffe), limiteur de température par caloducs, régulation simplifiée, capteurs sous vide.

Principe du système :



Syndicat des
professionnels
de l'énergie
solaire

- Colonne solaire et les capteurs sont prémontés pour limiter l'impact de la main d'œuvre
- Pas d'obsolescence programmée : tout est démontable
- Limitation de la pression à 3 bars évite éclatement émail ballon.
- Performance ; étude depuis septembre 2016 : Classe B en électro solaire et A en gaz solaire

Aujourd'hui, il s'agit d'une petite production : 50 à 70 unités par an. Actuellement : le prix est de 4000 €fourni posé Il faudrait 4 à 5000, unités par an pour atteindre 2500 €fourni posé.

LCOH calculé par CSTB = 0,08 € à 0,13€

Bernd Hafner et Aurélien Didelot

Viessmann

Les SSC

[Projet SySTEff et système ThermProtect](#)

Objectif : SSC avec économie d'énergie supérieur à 50% (individuel) avec coûts optimisés

Résultats : économies supérieures à 40%

La couche de l'absorbant a été changée pour résoudre le problème de stagnation et de surchauffe des panneaux.

Le thermochrome change de couleur en fonction de la T° (comme les thermomètres frontaux) : c'est le même système. A partir de 68° les propriétés optiques du dioxyde de vanadium changent : en dessous il est transparent, au-dessus on augmente les pertes par rayonnement infrarouge ce qui diminue la T° du système. Le rendement est quasiment le même alors qu'on a éliminé les surchauffes. Ceci permet aussi de réduire la maintenance ainsi que les pannes (moins de stress de pression). Surcoût de 70 centimes du m² donc pas de changement du prix de vente.

Patrick Gatt

PERSEE-MINES Paris Tech

[Le système CRE SUS](#)

Contrôleurs Régulateurs Embarqués pour des Systèmes Utilisant l'Energie Solaire

Les données de prévision météo permettent d'anticiper et de mieux gérer l'appoint, notamment lorsqu'on passe d'une période de mauvais temps à une période ensoleillée.

Les travaux ont permis de comparer deux systèmes sur une plateforme d'essai (CESI) l'un des deux est équipé du contrôleur prédictif et les tests ont montré 30% d'économie sur l'énergie d'appoint par rapport à celui qui n'utilisait pas le système.

Cette méthode peut être élargie au PV, au froid, etc.

Pierre-Yves Torrent

Li-Mithra

[Le PVT Thermodynamique](#)

Ces capteurs récupèrent l'énergie du soleil mais aussi de l'atmosphère (pluie, convection de la Terre la nuit...), afin d'alimenter une pompe à chaleur. Le PV produit l'électricité. Les COP sont proches de 7 à Strasbourg, dans les Vosges... L'entreprise travaille aujourd'hui à mieux dimensionner le stockage thermique pour optimiser.

Plusieurs types de machines sont disponibles suivant la taille des besoins.

Une interface permet d'utiliser des PAC standard.

Laetitia Brottier

Dualsun

[Les capteurs PVT](#)

Les capteurs PVT visent à répondre aux besoins du bâtiment à la fois au niveau électrique et thermique (80% des besoins sont thermiques) avec une place restreinte sur le toit du bâtiment.

L'objectif est de rendre les bâtiments autonomes grâce au solaire.

Le nouveau capteur remplace l'inox par le polymère : 25% de réduction des prix de vente et meilleure performance.

D'ici 5 ans, le prix du kWh devrait être compétitif avec le gaz. Un fort atout existe dans le label E+C- (atteinte E3 avec 70m² sur R+5 en H3, 40 logements) LCOE 7,7ct€/du kWh

Tom Mathelin

Tecsol

[Le télésuivi](#)

L'objectif est d'adapter le monitoring aux outils modernes, et d'optimiser les coûts avec la standardisation. Il existe trois niveaux dans l'offre, adaptés aux types de suivi :

- Produit de base : Tecsol One thermique. Plug & Play (installation par le client). Coût réduit. Permet de dire si l'installation fonctionne ou pas. Accès aux données sur la plateforme en ligne.
- Télésuivi simplifié. Tecsol Energie thermique. Compteur d'énergie communiquant. Le bilan est comparé à un calcul SOLO : alerte si problème.
- Télésuivi détaillé ; Tecsol Analytics thermique. Projet RESIST a permis de le remettre à jour pour le rendre compatible avec quasiment tous les matériels du marché. Analyse fine du fonctionnement, assistance à maintenance. Plateforme accessible aux clients servant de carnet de bord et de carnet d'entretien. Suivi des performances, émission de rapports personnalisés. Vérification lors de la mise en service dynamique.

La journée s'est terminée par une table ronde, permettant d'élargir les enjeux auxquels doit faire face la filière solaire thermique en France, et notamment le cadre réglementaire en évolution.