

WEBINAIRE DE RESTITUTION D'ÉTUDE

31/01/2023

*Potentiel du solaire thermique dans
l'industrie*



Quelques informations pratiques

- Merci de couper vos micros et caméras
- Une session de questions-réponses est prévue après chaque intervention. Pour participer :
 - Utilisez le chat écrit
 - Précisez dans le chat si vous souhaitez intervenir à l'oral
- Le replay et les présentations seront disponibles sur l'extranet ALLICE sous quelques jours.
- Contactez le 06.19.36.09.81 en cas de souci technique.



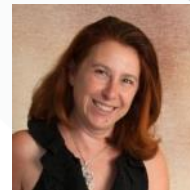
Bon visionnage !

Sommaire

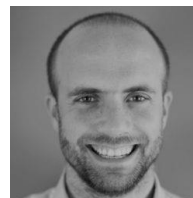
- **Restitution de l'étude ALLICE : Potentiel du solaire thermique dans l'industrie**
- **Présentations**
 - Développement de projets de solaire thermique (Newheat)
 - Financement de projets (Kyotherm)
 - REX d'une technologie solaire à HT (Industrial Solar)
 - SOCOL et Mise en service dynamique (Enerplan)



Philippe Papillon
En butinant l'énergie



Edwige Porcheyre
ENERPLAN



Thibault Perrigault
Newheat



Rémi Cuer
Kyotherm



Christophe-Emmanuel Legrand
Industrial Solar

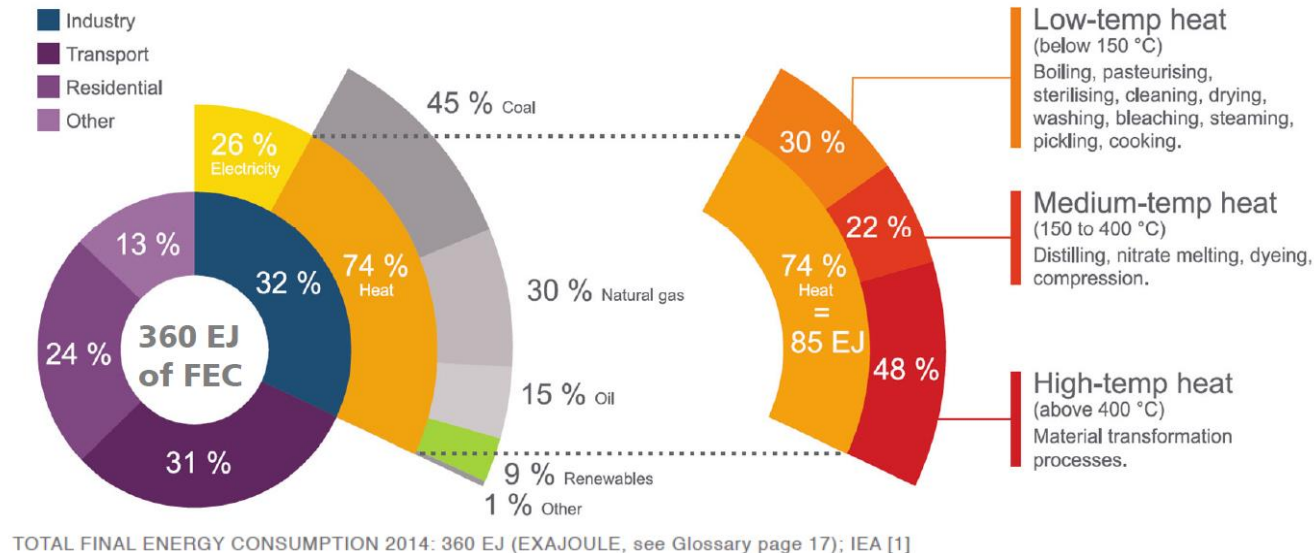
CONTEXTE, OBJECTIFS, PÉRIMÈTRE ET CONTENU DE L'ÉTUDE SOLAIRE THERMIQUE

Philippe Papillon – En Butinant l'Énergie



Quelle peut être l'utilité du solaire thermique pour contribuer à la décarbonation de l'industrie ?

- La place de la chaleur industrielle dans la consommation finale d'énergie



360EJ
= 100 000 TWh

- [1] International Energy Agency (IEA), World Energy Statistics 2016, online tables, www.iea.org/statistics/
[2] International Renewable Energy Agency (IRENA), calculations by Deger Saygin based on IEA source [1]

Quelques procédés et leur température

Industrial sector	Process	Temperature level (°C)
Food and beverages	Cleaning – Nettoyage	80 – 150
	Pasteurisation – Pasteurisation	80 – 110
	Boiling – Ebullition	95 – 105
	Sterilisation – Stérilisation	140 – 150
	Drying - Séchage	130 – 240
	Heat treatment – Traitement thermique	40 – 60
Textile Industry	Washing – Lavage	40 – 100
	Bleaching – Blanchissage	60 – 100
	Dyeing - Teinture	100 – 160
Chemical Industry	Boiling – Ebullition	95 – 105
	Distillation – Distillation	110 – 300
	Various chemical processes	120 – 180
Paper	Bleaching and drying – Blanchissage / Lavage	130 – 180
Plastic	Extrusion and drying – Extrusion/Séchage	150 – 180
All sectors	Pre-heating of boiler feed water / Préchauffage	30 – 100
	Steam Washing / Nettoyage vapeur	150
	Heating of production halls / Chauffage	30 – 80

La maturité des technologies solaire thermique pour l'industrie

Low-temp heat (below 150 °C)

Boiling, pasteurising,
sterilising, cleaning, drying,
washing, bleaching, steaming,
pickling, cooking.

Medium-temp heat (150 to 400 °C)

Distilling, nitrate melting, dyeing,
compression.

High-temp heat (above 400 °C)

Material transformation
processes.

• Diffusion

• Démonstration

• Expérimentation



Sources : Newheat, AZTEQ, CEMEX and Synhelion

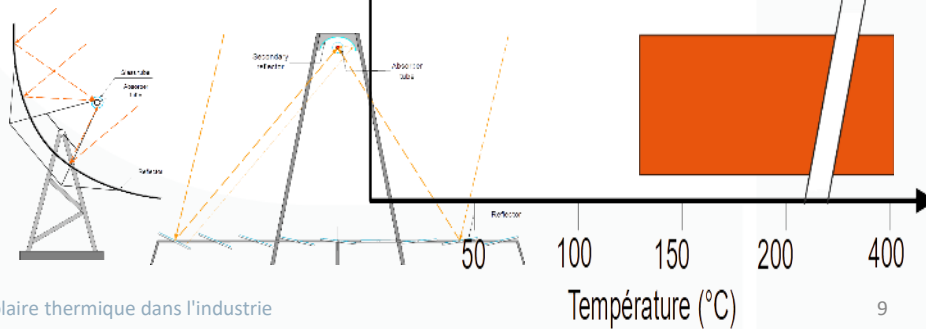
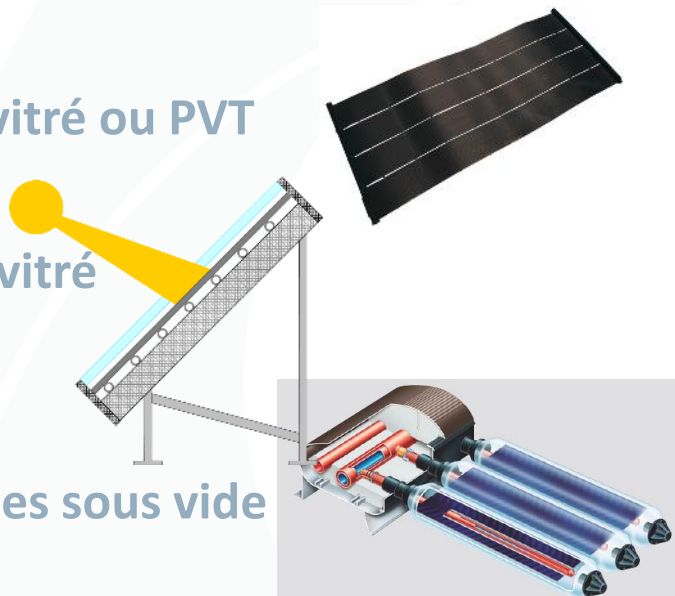
Quelques typologies de capteurs solaires

Du plus simple ...



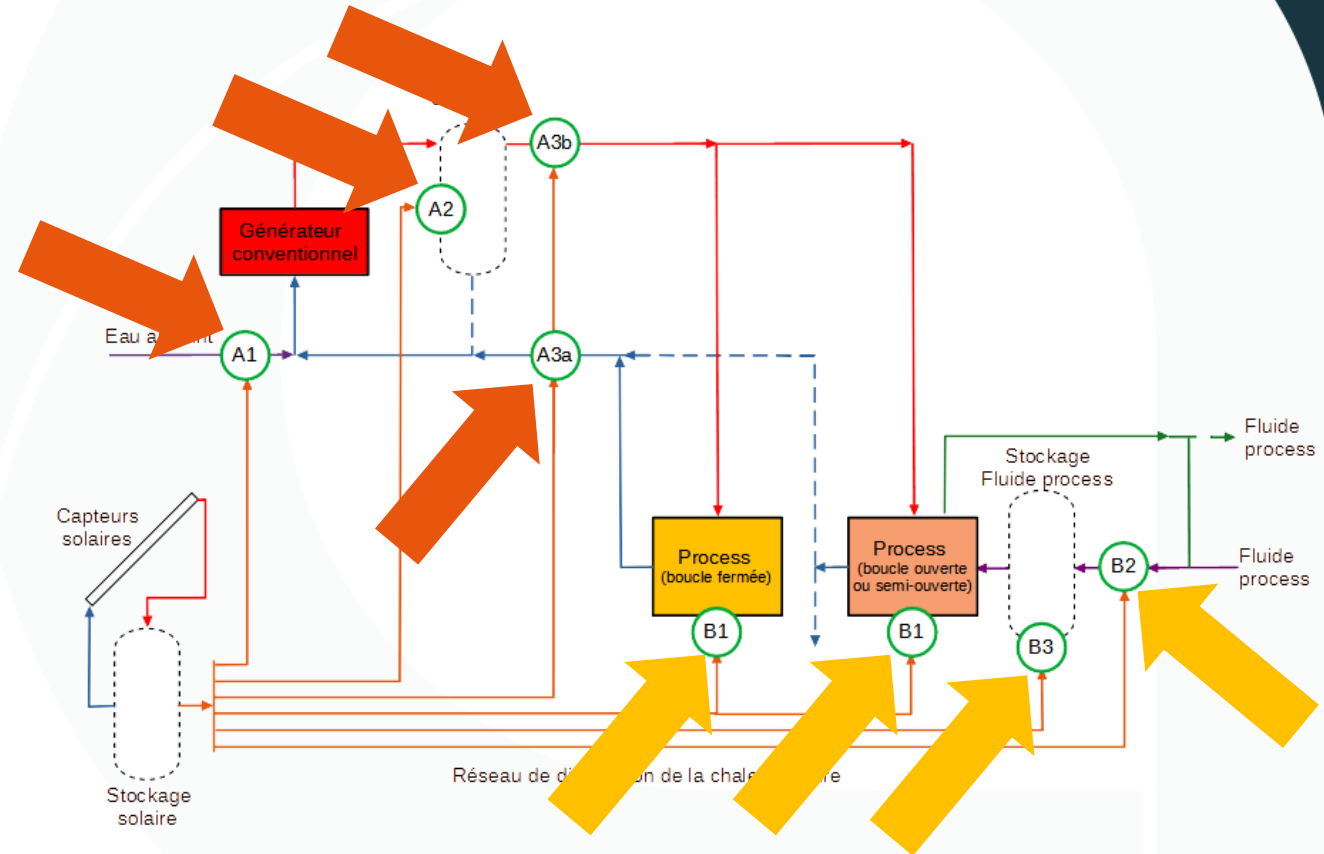
...au plus complexe

- Capteur non vitré ou PVT
- Capteur plan vitré
- Capteur à tubes sous vide
- Capteur à concentration 1 axe
 - Capteur cylindro-parabolique
 - Capteur à miroir de Fresnel



Où intégrer la chaleur solaire dans les procédés industriels

- Au niveau des utilités du site
- Au niveau du procédé



L'étude ALLICE : son contenu

- **Les différentes parties**
 - État des lieux des solutions, offre existante, enjeux technologiques
 - Intégration du solaire thermique dans l'industrie : Aspects techniques
 - Intégration du solaire thermique dans l'industrie : Aspects économiques
 - Fiches détaillées de retour d'expérience
- **Le planning**
 - Finalisation de l'étude en cours
 - Diffusion aux adhérents ALLICE fin janvier

L'étude ALLICE : le détail du contenu (1/2)

- **État des lieux des solutions, offre existante, enjeux technologiques**
 - Les installations solaires thermiques
 - Intégration du solaire thermique dans les applications industrielles
- **Intégration du solaire thermique dans l'industrie : Aspects techniques**
 - Analyse des procédés visés
 - Adaptation du solaire aux procédés visés
 - Calcul du productible
 - Hybridation des usages et des productions
 - Les méthodes de garanties de performances

L'étude ALLICE : le détail du contenu (2/2)

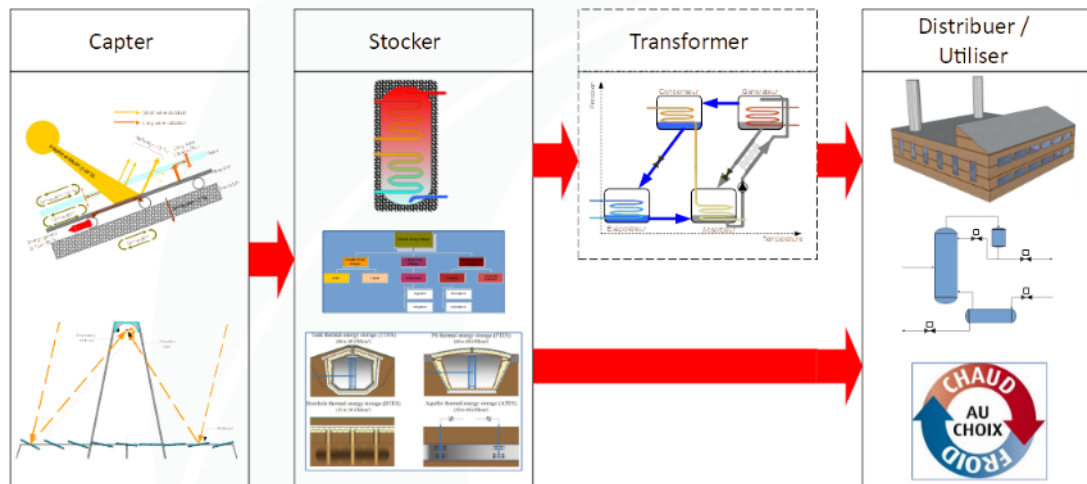
- **Intégration du solaire thermique dans l'industrie : Aspects économiques et environnementaux**
 - Les différents modèles
 - Évaluation des CAPEX et des OPEX
 - Aides financières
 - Analyse technico-économique
 - Analyse environnementale
- **Retour d'expériences**
 - Production de vapeur à Anvers
 - Réchauffage d'air neuf pour le séchage du malt à Issoudun
 - Réchauffage d'eau de lavage à Merville
 - Réchauffage d'eau à Alban

PRÉSENTATION DES CONCEPTS ET DES TECHNOLOGIES

Philippe Papillon – En Butinant l'Energie

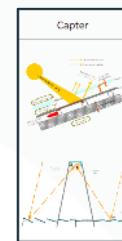


Principe général d'une installation solaire thermique



- Capter l'énergie solaire
- Stocker l'énergie solaire thermique pour compenser l'intermittence de la ressource et/ou des besoins
- Transformer (si besoin) la chaleur solaire (production d'électricité, de froid, rehausse de température au travers d'une PAC, ...)
- Distribuer l'énergie vers les points d'utilisation

Capter l'énergie solaire thermique

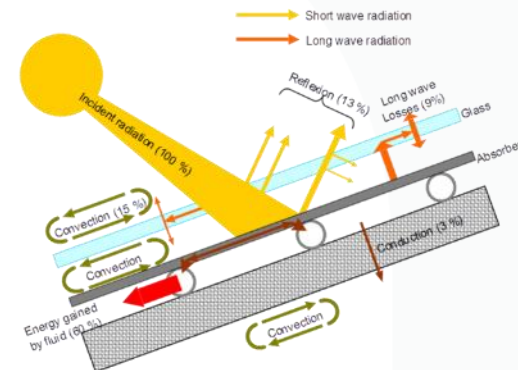
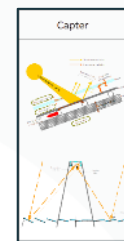


- **Différentes technologies de capteurs caractérisées par :**
 - Leur coût
 - Leur capacité à produire à plus ou moins haute température
- **Les principales technologies adaptés aux procédés industriels**
 - Les capteurs plans
 - Les capteurs plans sous vide
 - Les capteurs à tubes sous vide
 - Les capteurs à concentration

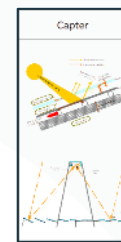
Capter l'énergie solaire thermique

- Les capteurs plans

- La majorité du marché en Europe (80%)
- Adapté au préchauffage et aux températures de production jusque 80°C
- Produit disponible en grande surface (jusque 15 à 16 m²)
- Leadership européen du côté des fabricants



Capter l'énergie solaire thermique

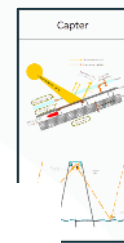
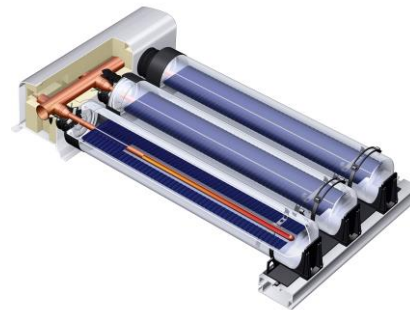


- Les capteurs plans sous vide
 - Le vide d'air réalisé au sein du capteur réduit fortement les pertes thermiques et augmente les performances thermiques à « haute » température ($> 100^{\circ}\text{C}$)
 - Technologie encore récente sur le marché du fait de la complexité technologique (tenue au vide pendant de nombreuses années)
 - Peu de fabricants
 - Coût significativement plus élevé que du capteur plan

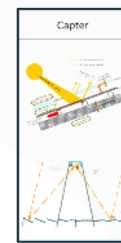


Capter l'énergie solaire thermique

- **Les capteurs à tubes sous vide**
 - La majorité du marché mondial (70%) dominé par la Chine
 - Technologie relativement ancienne
 - De nombreuses variantes de produits, plus ou moins performants
 - De nombreux fabricants



Capter l'énergie solaire thermique

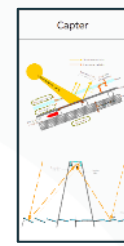


- **Les capteurs à concentration 1 axe**
 - Concentre le rayonnement solaire direct sur une ligne d'absorbeur
 - Réduction des pertes thermiques
 - Suppose une poursuite du soleil
 - Très répandus pour les « Concentrated Solar Power », centrale solaire à concentration pour la production d'électricité
 - Plus récemment introduits pour la chaleur de process



Source photo : Aztec, Industrial Solar

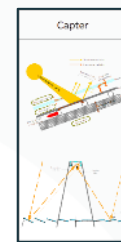
Capter l'énergie solaire thermique



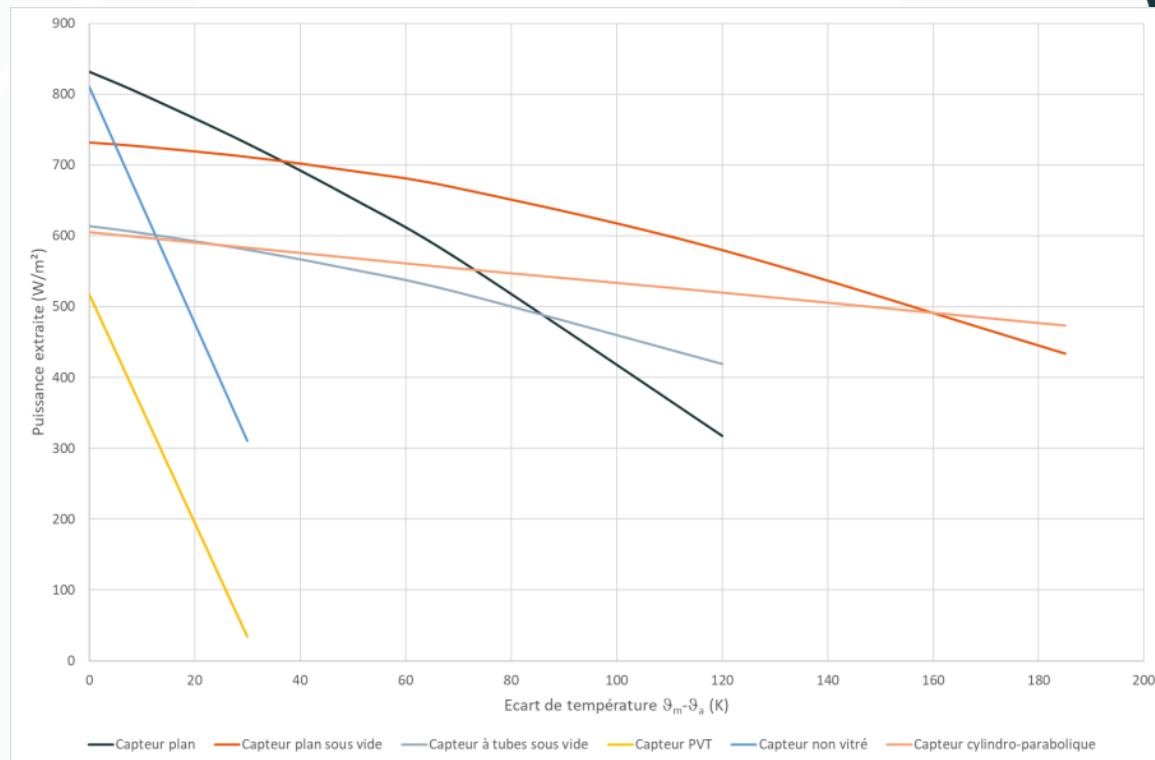
- **La caractérisation des capteurs solaires**
 - Produit couvert par une norme internationale (NF EN ISO 9806:2017) et avec une certification associée (SolarKeymark en Europe, QB en France)
 - Méthode d'essai pour caractériser la puissance (et le rendement) d'un capteur solaire thermique en fonction des conditions de fonctionnement
 - Formule générique valide pour toute typologie de capteurs (plans, sous vide, à concentration, non vitrés, ...)

$$\dot{Q} = A_G \left(\eta_{0,b} K_b (\theta_L, \theta_T) G_b + \eta_{0,b} K_d G_d - a_1 (\vartheta_m - \vartheta_a) - a_2 (\vartheta_m - \vartheta_a)^2 - a_3 u' (\vartheta_m - \vartheta_a) \right. \\ \left. + a_4 (E_l - \sigma T^4) - a_5 (d\vartheta_m/dt) - a_6 u' G - a_7 u' (E_l - \sigma T^4) - a_8 (\vartheta_m - \vartheta_a)^4 \right)$$

Capter l'énergie solaire thermique



- La caractérisation des capteurs solaires
 - Puissance extraite (W/m^2) en fonction de l'écart de température entre le capteur et la température extérieure dans des conditions de référence d'ensoleillement



Stocker l'énergie solaire thermique



- Une fonction essentielle pour les installations solaires thermiques
 - Compenser l'intermittence de la ressource et des besoins
 - S'adapter à la demande des process
 - Augmenter la valorisation solaire
- De nombreuses typologies de stockage
 - Chaleur sensible
 - Chaleur latente
- Mais une technologie largement dominante
 - Le stockage en eau
 - à pression atmosphérique
 - sous pression : eau surchauffée



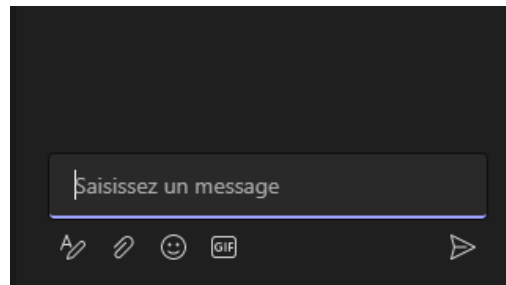
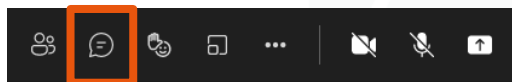
Source photo : Newheat, Clevia

Transformer l'énergie solaire thermique



- **Conversion (optionnelle) de l'énergie solaire thermique**
- **Assurer la production de froid avec une machine à absorption ou adsorption**
 - Valorisation chaud et froid des capteurs solaires
 - Assurer des productions de froid en période estivale
- **Rehausser le niveau de température avec une pompe à chaleur**
 - Permettre une utilisation à plus haut niveau de température, notamment en période hivernale

Posez vos questions



POTENTIEL DU SOLAIRE THERMIQUE DANS L'INDUSTRIE

Développement d'une centrale solaire thermique de grande taille

Février 2023

Newheat, fournisseur de chaleur renouvelable sans combustion

Décarboner les sites industriels, les réseaux de chaleur urbains et les serres maraîchères

Notre modèle

Être un fournisseur de chaleur indépendant maîtrisant les projets sur toute leur durée de vie



Notre vision

Sélectionner les technologies les plus vertueuses, sans intrant ni combustion combinées autour de systèmes innovants de stockage de chaleur



Solaire thermique



Stockage courte ou longue durée



Récupération de chaleur fatale

Mais aussi : Pompes à chaleur, géothermie faible profondeur...

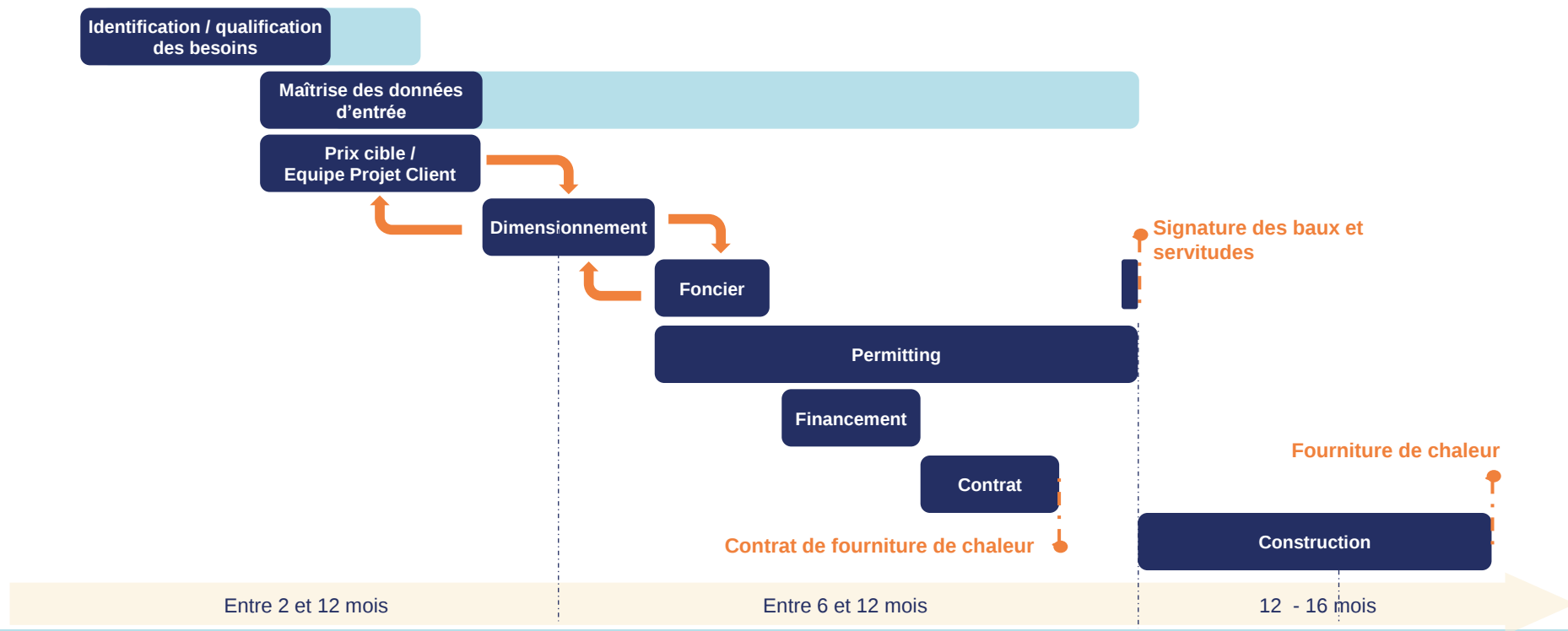
Apporter à nos clients des solutions complètes de décarbonation, fiables et compétitives, dont nous assurons l'ensemble du montage et l'intégralité du financement

Nos centrales solaire thermiques

40 MWth en opération + 200 MWth en développement (FR + International)



Les étapes clés du développement d'une centrale solaire thermique



Une phase de montage de projet de 2 à 3 années pendant laquelle Newheat porte l'ensemble des frais et risques associés, et s'engage à une entière transparence

- **Objectifs :**

- Obtenir une vision d'ensemble des puits et gisements de chaleur qualifiés par niveau de température
- Identifier et qualifier les besoins du site, par itérations et discussions avec les interlocuteurs clés du site
- Valider les données d'entrée par le Client (sites et pilote projet (si Groupe))
- Réaliser une campagne de mesure - *Souvent nécessaire*

Ce n'est pas parce qu'il n'y a que de la vapeur sur site qu'il n'y a pas des besoins inférieurs à 100°C

Facteurs de compétitivité

- Niveaux de température avec un température de retour la plus basse possible
- « Taille » des besoins thermiques adressables
- Ensoleillement

- **Les interlocuteurs clés :**

- Directeur·rice de site
- Responsable Procédés / Référent.e Energie

- **Les documents importants :**

- Schéma de principe process / Process Flow Diagram / P&ID
- Audit Energétique
- Visite sur site

Etape clé, garantie le bon déroulement du projet dans des délais optimisés

Elle permet souvent d'identifier des gisements de chaleur fatale valorisables

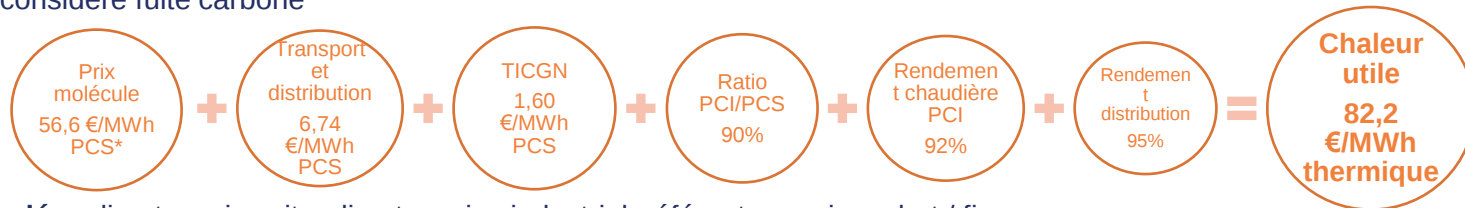
- **Objectifs :**

- Définir l'équipe projet, le « Chef de Projet Client » et le processus de décision / d'analyse côté Client
- Définir le Prix de Chaleur Cible / Plafond de Chaleur à partir du quel le Client serait réellement prêt à réaliser le projet et sous quelles conditions économique :

- EPC ou Tiers financement
- Durée d'engagement

- Exemple d'un prix de chaleur utile produit par chaudière vapeur pour un site industriel raccordé au réseau de distribution de gaz naturel considéré fuite carbone

* Prix molécule issu de PEG Calendar+3 (2025)



- **Interlocuteurs clés** : directeur·rice site, directeur·rice industriel, référent energie, achat / finance

- **Objectifs :**

- Dimensionner la centrale répondant le mieux aux besoins définis à l'étape précédente
- Valider les intégrations procédés / cheminements tuyauteries / Localisation équipements

- **Principes de dimensionnement :**

- Modélisation de la courbe de charge pour les besoins adressés
- Schéma principe / analyse fonctionnel pour les briques technologiques en jeu
- Analyse de sensibilité :
 - fixe vs trackers
 - taille du stockage thermique

Dimensionnement par itération afin d'y intégrer les enjeux foncier et réglementaires mais également la faisabilité technique des intégrations

- **Cette étape se conclut par le choix d'un scénario de dimensionnement**

- **Interlocuteurs :**

- Equipe Projet Client
- Directeur·rice Industriel ou équivalent



La définition du prix cible / plafond et du taux de couverture souhaité par le Client sont impératifs pour orienter les choix de dimensionnement. La présence d'un interlocuteur représentant le site est également essentielle.

- **Objectifs :**

- Assurer une maîtrise foncière du terrain si celui-ci n'appartient pas au site au travers de la signature de promesse de bail,
- Recentrer le travail sur 1 ou 2 possibilité d'implantation.

- **A noter :**

- L'absence de réserve foncière de l'industriel n'est pas rédhibitoire,
- Une pré-identification du foncier est la première étape;
- Une fois des terrains identifiés, il s'agit d'un processus itératif avec des premières étapes essentielles de communication avec les élus locaux (communes, CC) et leurs services. Les élus locaux peuvent être force de proposition
- L'implication de l'industriel dans les phases de présentation est importante

Objectifs :

- Valider la possibilité de ou la possibilité d'effectuer des démarches pour réaliser la centrale sur le foncier identifier avec les services compétents,
- Définir les démarches à effectuer et les lancer,

Cadre général :

- Une installation solaire thermique **n'est pas une Installation Classée pour la Protection de l'Environnement** (absence de rubrique)
- Une installation solaire thermique est donc **soumise à Permis de Construction**, deux cas de figure :
 - Fourniture de chaleur : compétence préfecture (vente d'énergie, article L422-2 du code de l'urbanisme)
 - Clé-en-Main : l'instruction du PC est réalisé par la collectivité où la centrale est construite
- **Délais d'instruction** : 3 mois (ou 4 mois si zone ABF) + 2 mois de purge
- **Urbanisme, zonage et modifications** :
 - **Zonage compatible** : U (urbanisé), 1AU (à urbaniser court terme), 2AU (à urbaniser long terme), N (selon règlement)
 - **Complicé voire rédhibitoire** : A (sujet de la compensation agricole / selon règlement)
 - **Modification d'urbanisme**
 - Cas possibles : zone « 2 », zone N (STECAL)
 - Cadrage obligatoire en lien avec la collectivité → la collectivité doit être en lead sur le sujet
 - Selon les cas : nécessité de réaliser une évaluation environnementale (étude d'impact)

En fonction du type de modifications à réaliser la durée est plus ou moins longue (jusqu'à 18 mois)

- **Evaluation environnementale** : article R122-2 du Code de l'Environnement - rubrique 39 : « Travaux, constructions et opérations d'aménagement. »

Catégorie de Projets	Projets SOUMIS A EVALUATION ENVIRONNEMENTALE	Projets SOUMIS A EXAMEN AU CAS PAR CAS	Projets NON SOUMIS A EVALUATION ENVIRONNEMENTALE
39. Travaux, constructions et opérations d'aménagement.	a) Travaux et constructions qui créent une surface de plancher au sens de l'article R. 111-22 du code de l'urbanisme ou une emprise au sol au sens de l'article R. * 420-1 du code de l'urbanisme supérieure ou égale à 40 000 m2.	a) Travaux et constructions qui créent une surface de plancher au sens de l'article R. 111-22 du code de l'urbanisme ou une emprise au sol au sens de l'article R. * 420-1 du code de l'urbanisme comprise entre 10 000 et 40 000 m2.	a) Travaux et constructions qui créent une surface de plancher au sens de l'article R. 111-22 du code de l'urbanisme ou une emprise au sol au sens de l'article R. * 420-1 du code de l'urbanisme inférieure à 10 000 m2.

- + éventuelles autres études / autorisations en fonction des sensibilités du site (zones humide (loi sur l'eau)
- environnement, patrimoine, archéologie, impact agricole, PPRI, PPRT etc.)
- Dans le cas, où l'emprise au sol de la centrale solaire thermique se situe sur un terrain cultivé agricole, si l'emprise dépasse la surface définie au niveau départementale par le préfet ou si pas de modification, par le préfet, la surface définie par défaut au niveau national de 5 ha, il faut réaliser une étude préalable de compensation collective
- **Des délais d'autorisation pouvant aller jusqu'à 12 – 18 mois en fonction des cas de figure.**

Toujours aller voir les services urbanisme de l'EPCI pour échanger sur le PLU et les possibilités puis les services de l'Etat au travers notamment des Pôles ENR

Soutiens publics :

- **ADEME** : AàP Grandes Installations Solaires Thermiques – 2 AàP par an (1 par semestre)

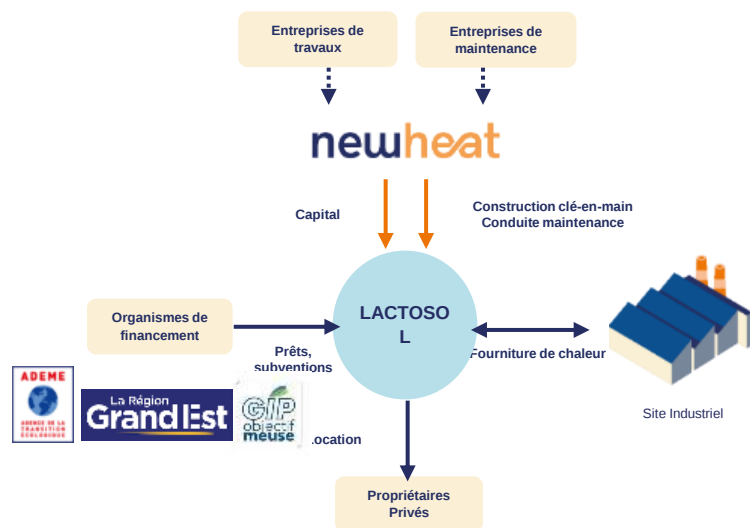
Sont éligibles les centrales solaires thermiques pour opération dédiée ou couplées à un réseau de chaleur, ayant des usages d'eau chaude avec une température $< 110^{\circ}\text{C}$

- à partir d'une surface totale de capteurs $\geq 500 \text{ m}^2$ pour le résidentiel, le tertiaire, l'industrie et le secteur agricole,
 - à partir d'une surface totale de capteurs $\geq 1500 \text{ m}^2$ pour les installations couplées à un réseau de chaleur avec stockage (court terme ou moyen/long terme),
- **Fonds de soutien régionaux** : viennent compléter le Fonds Chaleur + AàP Compétitivité Industriel
- **CEE Spécifiques** : il est possible de solliciter l'articulation Fonds Chaleur / CEE (CEE spécifiques)
- **Délais minimum** : 6 mois

Cas du tiers financement

• Deux engagements clés:

- La définition d'un niveau d'énergie mutuelle d'enlèvement / fourniture réciproque INDUSTRIEL ET FOURNISSEUR
- Un engagement de priorité d'enlèvement et/ou de débit minimal et/ou température retour par période pris par l'INDUSTRIEL



Exemple de LACTOSOL :

- Montage contractuel du projet : création d'une société projet (SPV) LACTOSOL dédiée à la centrale solaire thermique
- La SPV est **propriétaire des actifs, titulaire des différents contrats**, et vend l'énergie au client consommateur de chaleur
- **Autonome et rentable**, elle supporte l'ensemble des risques et apporte les garanties techniques et économiques
- Participation minoritaire au capital de la SPV de 3 Fonds Régionaux de la Transition Énergétique: **TERRA ENERGIE, OSER ENR, AREC OCCITANIE**



OSER ENR
Auvergne-Rhône-Alpes





Centrale solaire thermique Lactosol pour le site Lactoserum France à Verdun



newheat
fournisseur de chaleur renouvelable

Merci pour votre attention

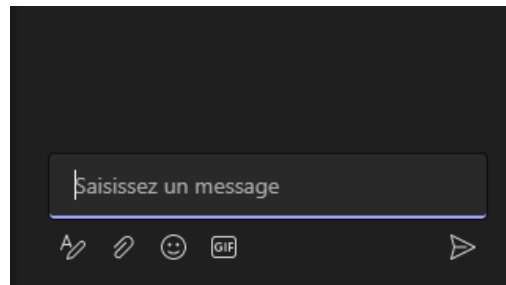
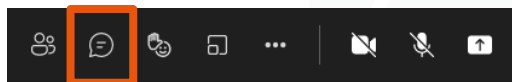
Thibault PERRIGAULT

Directeur Développement Industrie

06 95 01 86 75

Thibault.perrigault@newheat.fr

Posez vos questions



PARAMÈTRES D'INTÉGRATION DANS L'INDUSTRIE

Philippe Papillon – En Butinant l'Energie

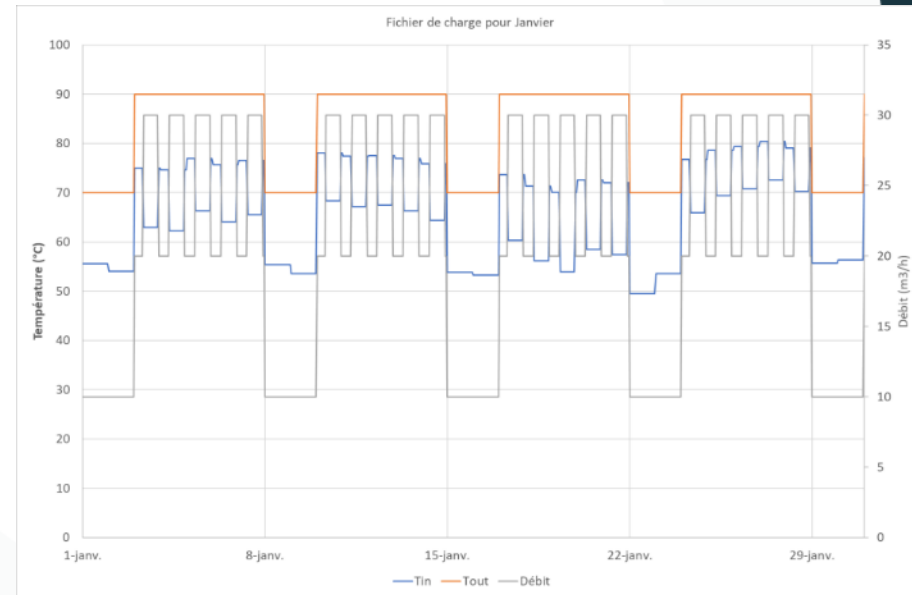
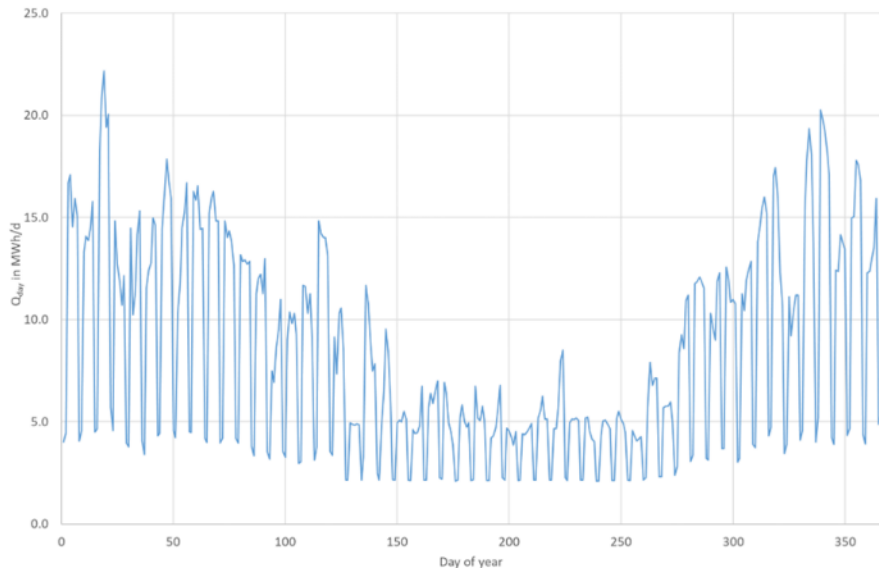


Les points clés pour l'intégration du solaire thermique dans l'industrie

- **L'analyse des procédés visés**
 - évaluer les consommations énergétiques qui pourraient être substituables par la chaleur solaire,
 - définir les points d'intégration possibles de la chaleur solaire (à l'échelle du site ou de procédés spécifiques)
 - fournir les informations nécessaires à l'élaboration des profils de consommation horaires avec puissance et régime de température
- **Méthode**
 - Sur la base de l'audit énergétique du site industriel (norme NF EN 16247-1)
 - Et de campagnes de mesures complémentaires si besoin (notamment température et débits)

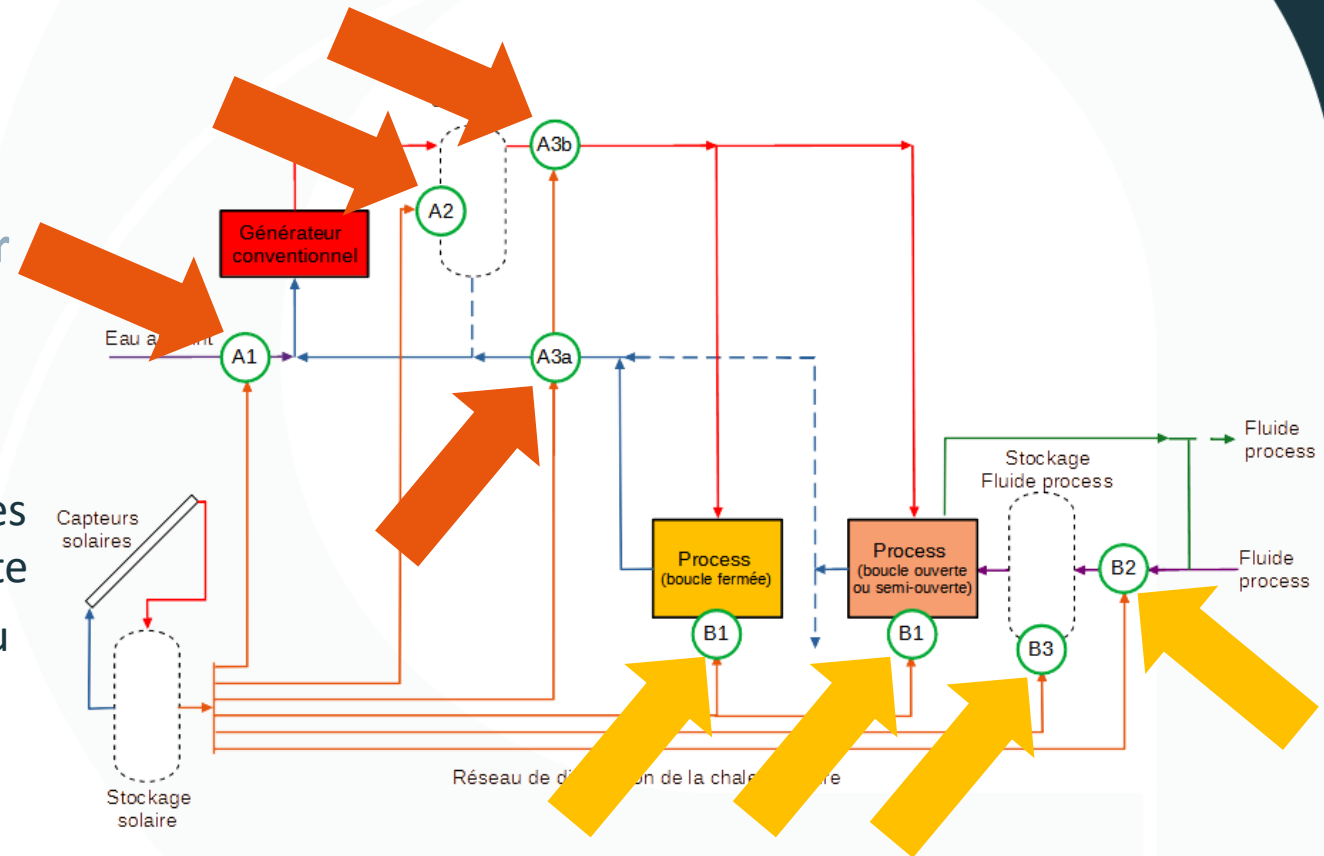
Les points clés pour l'intégration du solaire thermique dans l'industrie

- L'analyse des procédés visés doit déboucher sur :



Les points clés pour l'intégration du solaire thermique dans l'industrie

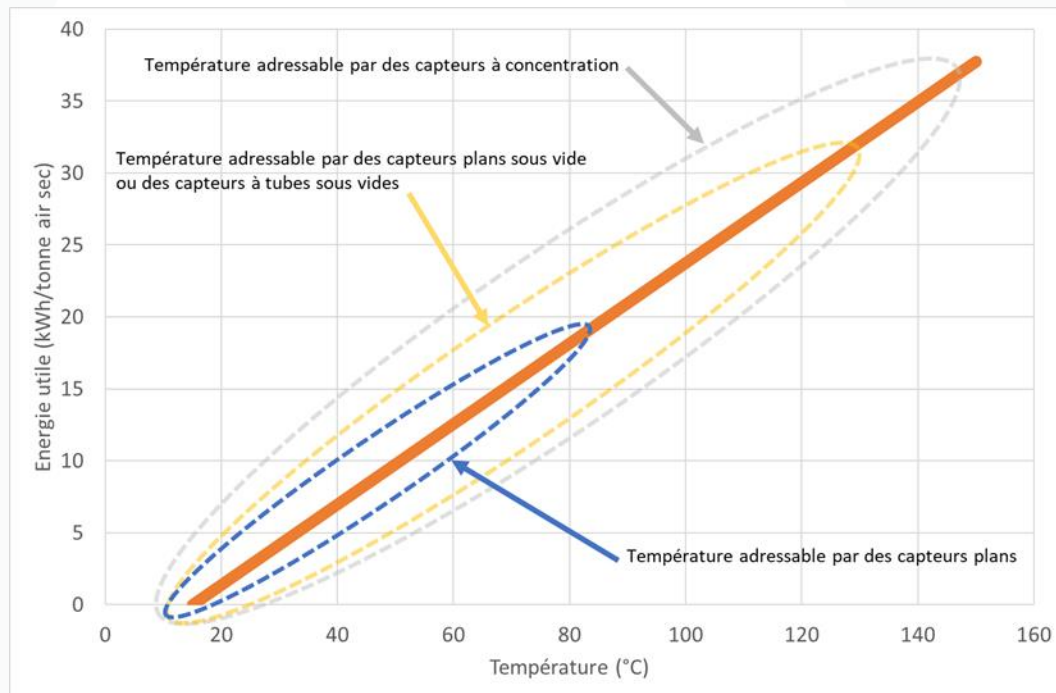
- L'analyse des procédés visés doit déboucher sur la sélection du point d'intégration
 - Au niveau des utilités du site
 - Au niveau du procédé



La définition de l'installation solaire thermique

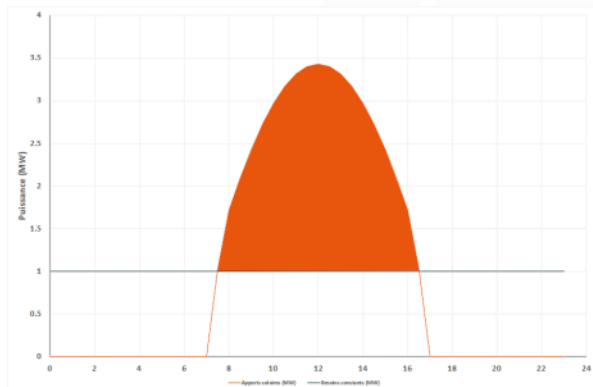
- La sélection de la typologie de capteurs solaires

- En fonction de la température visée
- En fonction du taux de couverture des besoins de chaleur visée par le solaire
- Mais aussi des contraintes d'implantation, qui peut être un élément dimensionnant

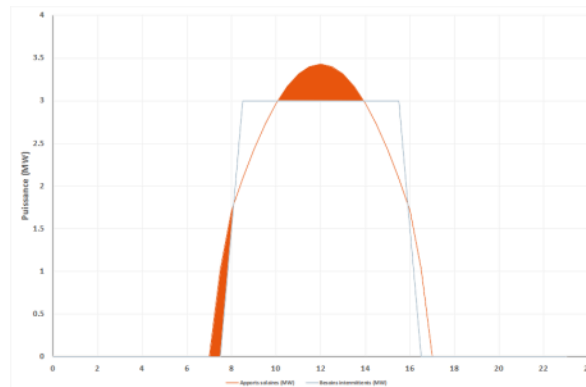


La définition de l'installation solaire thermique

- Le besoin (et la typologie) de stockage de chaleur pour répondre à l'intermittence
 - À l'échelle de la journée



- À l'échelle de la semaine
- À l'échelle de l'année



Le calcul du productible pour dimensionner les capteurs et le stockage

- La nécessité d'utiliser des outils de modélisation dynamique
- Données d'entrée
 - Profil horaire de charge thermique (températures et débit)
 - Fichier climatique horaire du site
- Paramètres de l'installation, avec notamment :
 - Surface et type de capteurs
 - Volume et type de stockage thermique
- Données de sortie
 - Production solaire utile : le productible

Le calcul du productible pour dimensionner les capteurs et le stockage

- Quelques outils de modélisation dynamique

- Polysun, TSOL

- Outils commerciaux
 - Principalement pour de la production d'eau chaude

POLYSUN®
BY VELA SOLARIS



- Greenius, SAM

- Outils gratuits développés par des centres de recherches (DLR, NREL)
 - Principalement orientés à l'origine vers les installations solaires concentrés pour de la production d'électricité

greenius
THE GREEN ENERGY SYSTEM ANALYSIS TOOL

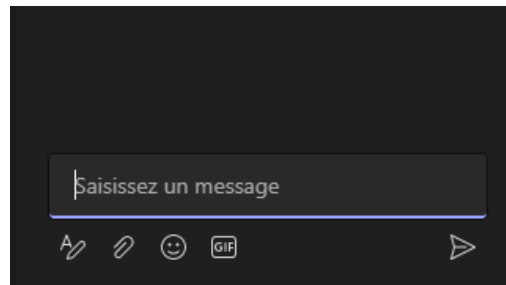
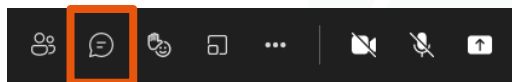


- TRNSYS

- Outil commercial avec une très grande bibliothèque de composants
 - Très polyvalent avec une communauté d'utilisateurs importante



Posez vos questions



Webinaire de restitution ALLICE Solaire Thermique

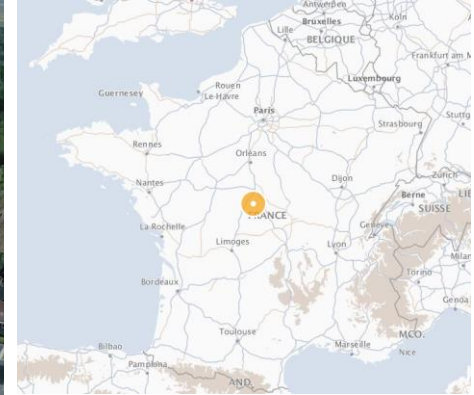
31 janvier 2022



Sommaire

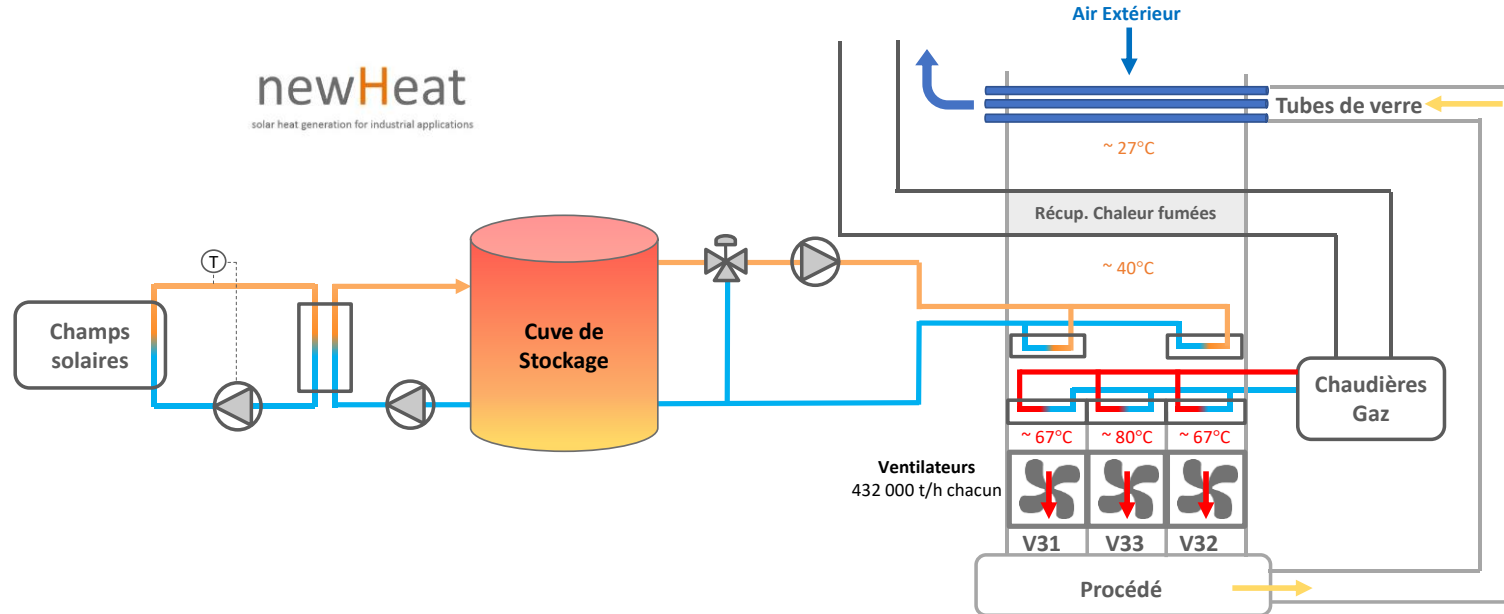
- 1 **La centrale solaire thermique d'Issoudun**
- 2 Le tiers-investisseur Kyotherm
- 3 Le tiers-investissement, un atout pour le développement du solaire thermique

La centrale solaire thermique d'Issoudun



- **Surface** : 14 252 m²
- **Production annuelle** : 8,5 GWh
- **Mise en service** : Avril 2021
- **Consommateur** : malterie (air chaud entre 50°C et 85°C)
- **Stockage** : 3 000 m³

La centrale solaire thermique d'Issoudun





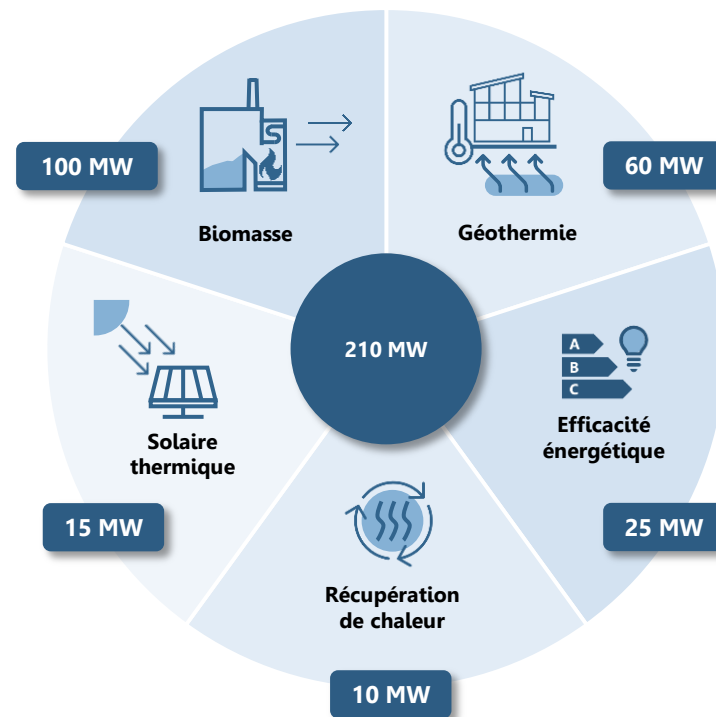
Sommaire

- 1 La centrale solaire thermique d'Issoudun
- 2 **Le tiers-investisseur Kyotherm**
- 3 Le tiers-investissement, un atout pour le développement du solaire thermique

Kyotherm

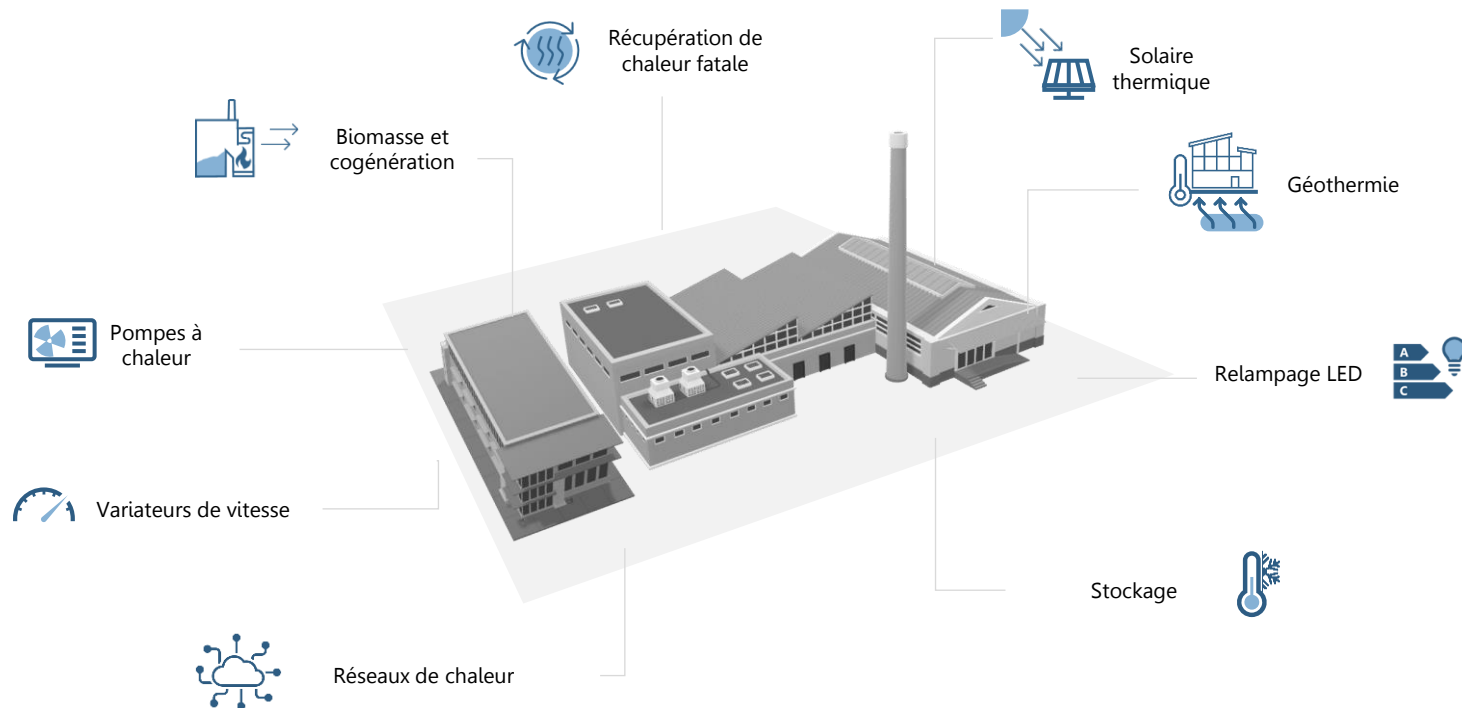
Financement de projets de chaleur renouvelable et d'efficacité énergétique

- Société spécialisée dans le financement de projets de **chaleur renouvelable** et d'**efficacité énergétique**.
- **Montant d'investissement : 1M€ à 200 M€.**
- **40 projets financés** répartis sur **près de 120 sites**



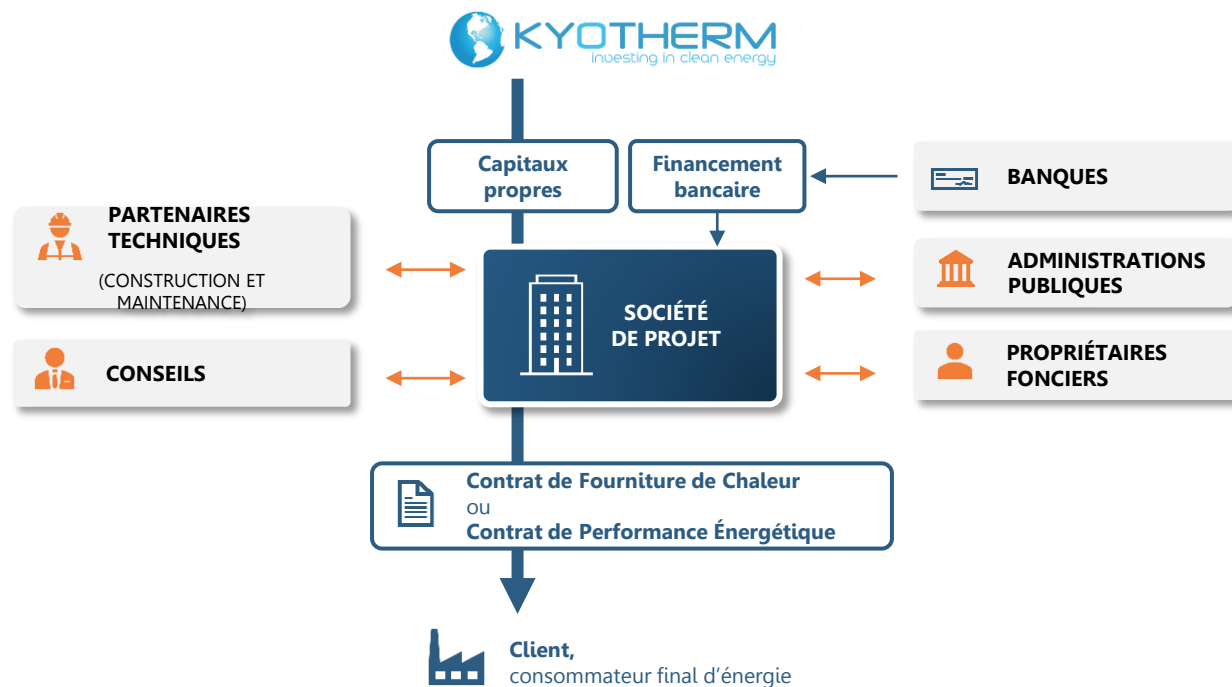
Les projets financés

Une solution de financement multi-technologies

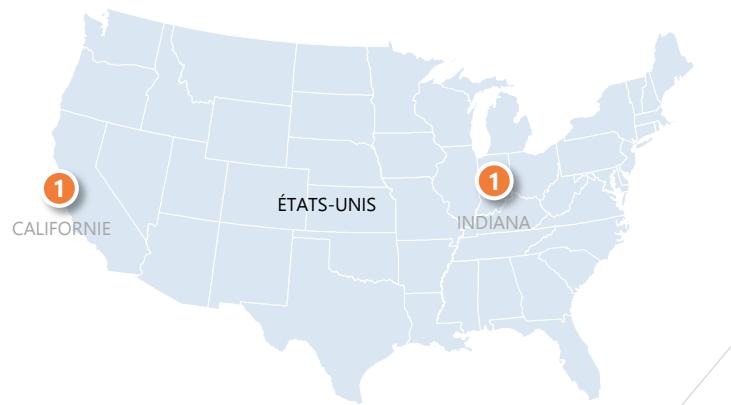


L'approche

Une externalisation des risques via un contrat de fourniture de chaleur ou d'économies



Les projets financés



Une présence historique

en France, au Royaume-Uni et en Europe de l'Ouest



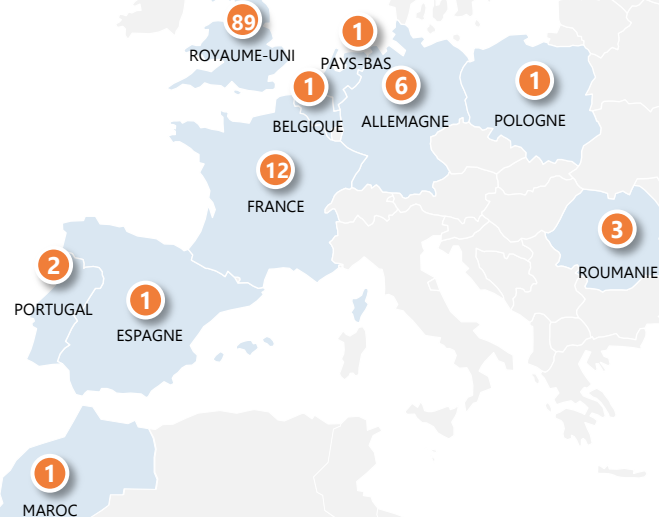
Une stratégie de développement

dans le reste de l'Europe et en Amérique du Nord



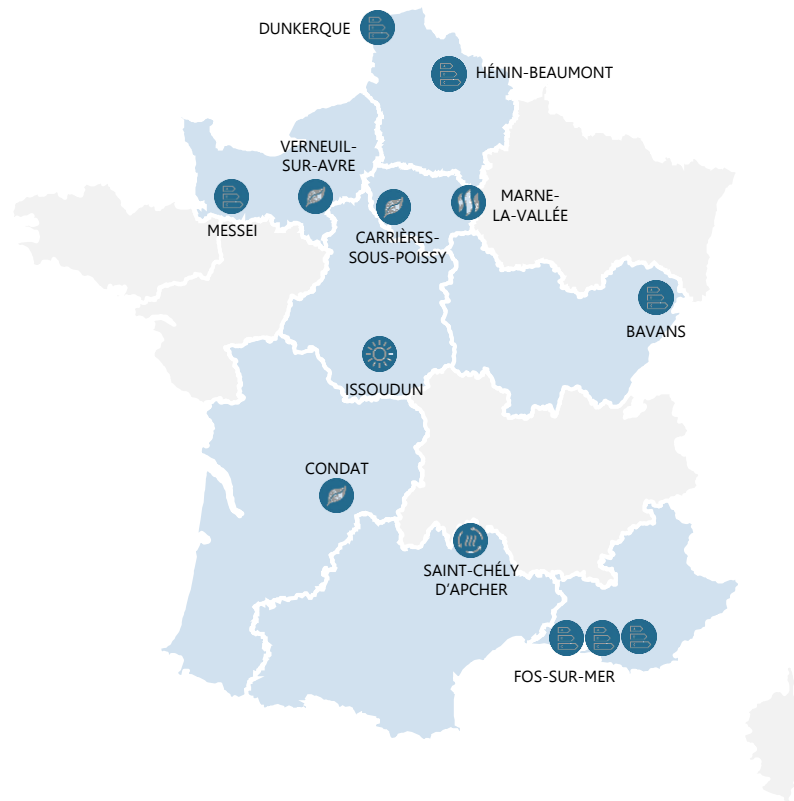
Un accompagnement de nos partenaires

au-delà de nos géographies cibles, partout dans le monde



Les projets financés en France

-  Biomasse, biogaz
-  Géothermie
-  Efficacité énergétique
-  Récupération de chaleur fatale
-  Solaire thermique
-  Cogénération



Malterie Boortmalt à Issoudun (Centre-Val de Loire)



Papeterie Condat (Nouvelle-Aquitaine)



Aciérie ArcelorMittal à Saint-Chély d'Apcher (Occitanie)



Sommaire

- ① La centrale solaire thermique d'Issoudun
- ② Le tiers-investisseur Kyotherm
- ③ **Le tiers-investissement, un atout pour le développement du solaire thermique**

La structuration contractuelle du projet d'Issoudun

newheat
fournisseur de chaleur renouvelable


**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**
Liberté
Égalité
Fraternité

ADEME

AGENCE DE LA
TRANSITION
ÉCOLOGIQUE

Maîtrise d'œuvre
Exploitation-maintenance



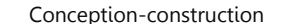
Subventions



Kyotherm Solar SAS



Conception-construction
champs solaire



Conception-construction
intégration
Maintenance



Conception-construction cuve



Contrat de Fourniture de Chaleur

Malteries Franco-Suisses

BOORTMALT
MASTERS OF MALT

Modèles de financement

Le tiers-investissement, un atout pour le développement du solaire thermique

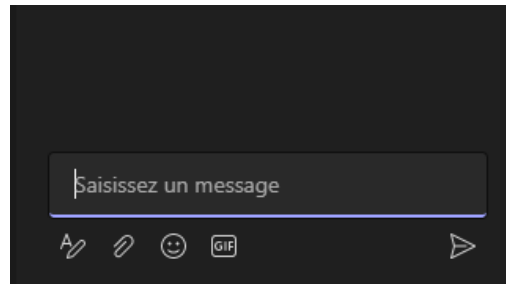
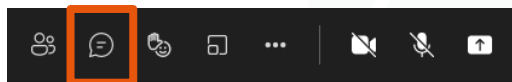
	TIERS-INVESTISSEMENT	FONDS PROPRES	EMPRUNT
Externalisation des risques et de la gestion de projet	✓	✗	✗
Trésorerie	✓	✗	✓
Déconsolidation	✓	✗	✗

Conclusion

Contact : remi.cuer@kyotherm.com



Posez vos questions



CONTRAINTES D'IMPLANTATION DES CAPTEURS

Philippe Papillon – En Butinant l'Energie



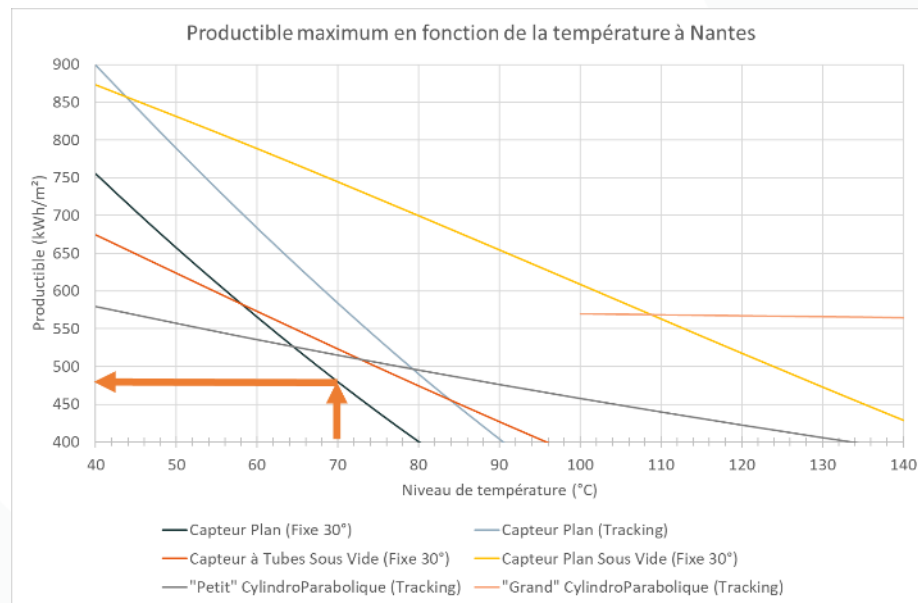
Les contraintes d'implantation des capteurs

- Estimatif rapide des surfaces de capteurs

- Production visée : 10 GWh
- Température visée : 70°C
- Techno : capteurs plans
- Productible maxi : 480 kWh/m²
- Surface de capteurs requise : 20830 m²
- Surface implantation nécessaire : 5 à 6 ha (2 à 3 m²/m² de capteurs)

Ce calcul est optimiste.

Le productible maximum est calculé en supposant qu'il n'y a pas de pertes thermiques, et que la charge thermique n'est jamais un facteur limitant.



Les choix d'implantation des capteurs et leurs contraintes

- **Toiture**

- La solution idéale mais des contraintes techniques fortes
 - Impact sur les charpentes
 - Inclinaison et orientation des toitures
 - Surface de toitures disponible
 - Nature du matériau de couverture
 - Durée de vie prévisionnelle de la couverture
- En général, cela concerne plutôt des petites installations



Source photo : Solahart (Solar Cooling Audi – Germany)

Les choix d'implantation des capteurs et leurs contraintes

- **Ombrières**
 - Une solution élégante avec des atouts
 - Utilisation de surfaces anthropisées
 - Fonction additionnelle de protection
 - ... mais aussi des contraintes
 - Coût d'investissement
 - Gestion du risque de fuites (brûlures ou détérioration)



Source photo : Sunoptimo (Bonilait – France)

Les choix d'implantation des capteurs et leurs contraintes

- **Capteurs au sol**
 - La solution la plus courante pour les grandes installations
 - Simplicité de mise en œuvre
 - Minimise les coûts
 - avec des contraintes fortes liées aux réglementations d'urbanisme
 - Zonage et règlement PLU ou PLUi
 - Etude d'impact
 - obligatoire si plus de 4 ha
 - au cas par cas entre 1 et 4 ha
 - Zone PPRI (prévention contre les risques naturels d'inondation)



Source photo : Cellcius (Creutzwald – France)

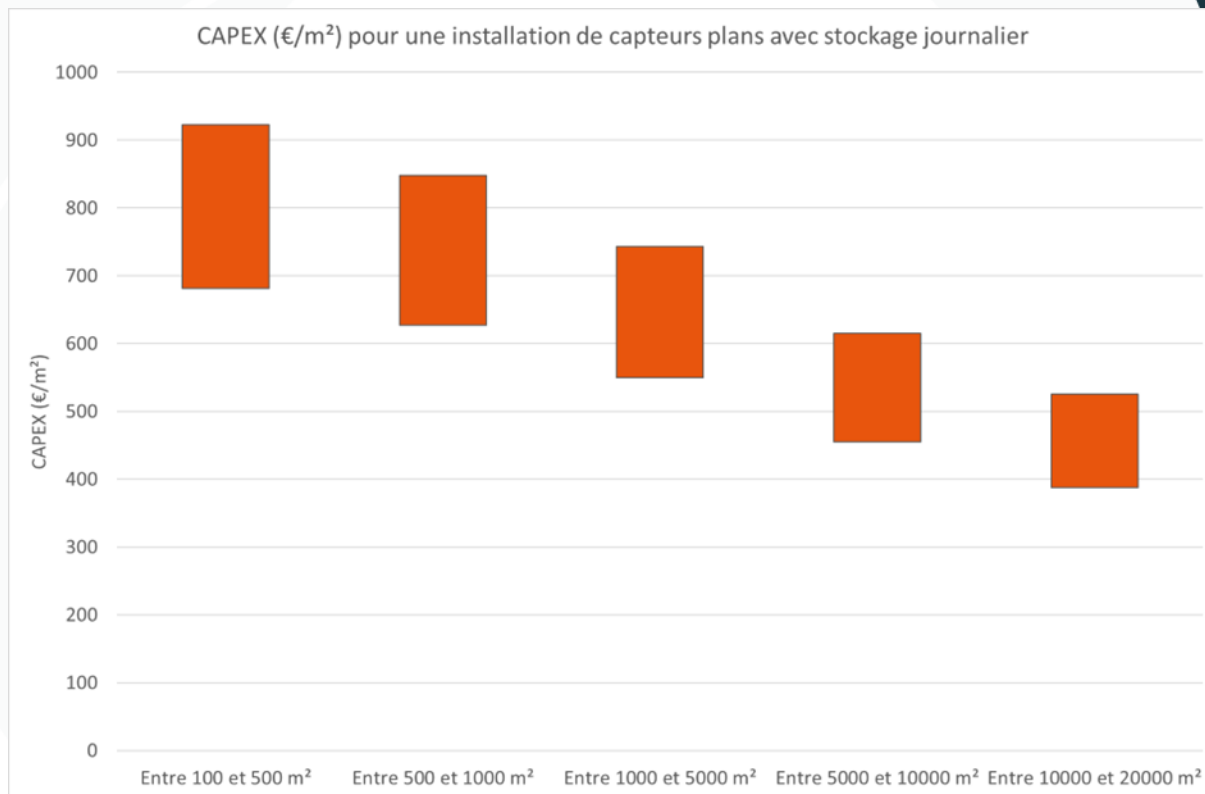
EVALUATION ECONOMIQUE ET ENVIRONNEMENTALE

Philippe Papillon – En Butinant l'Energie



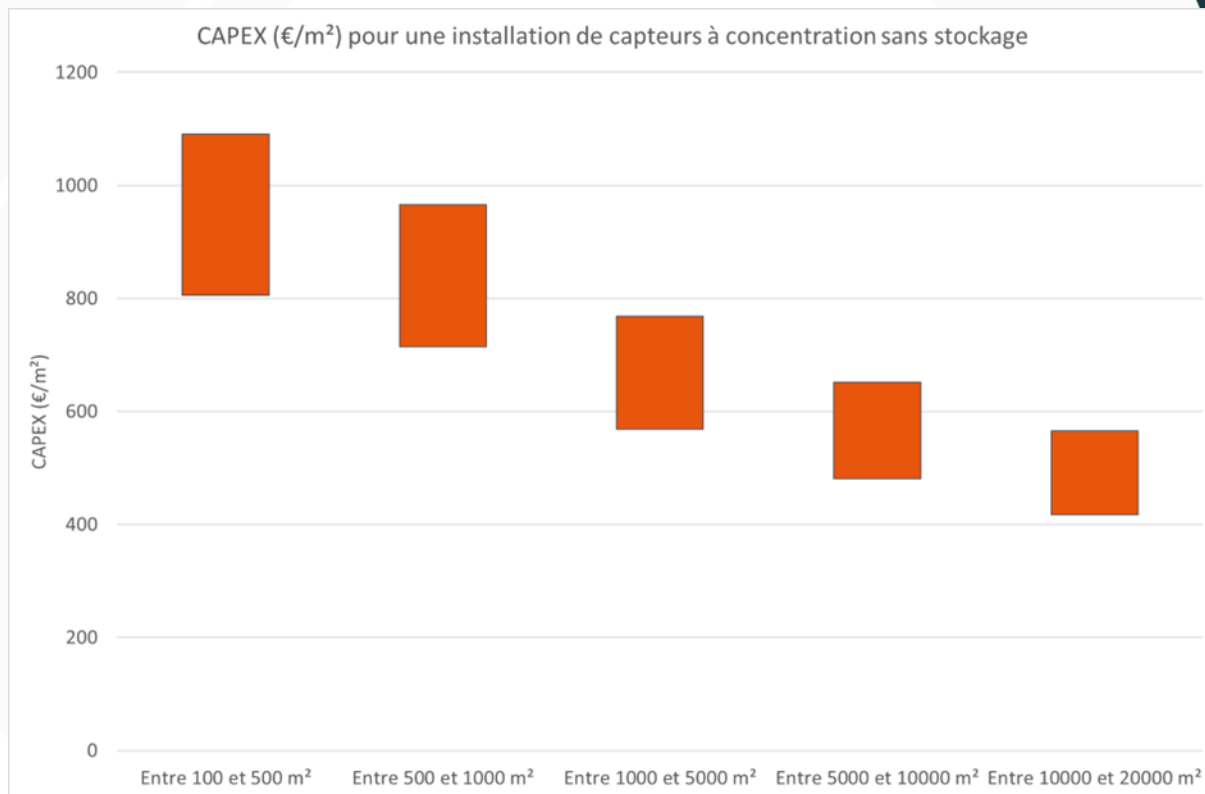
Les coûts d'investissement

- CAPEX (€/m²)
- Capteurs plans et stockage journalier
- De 400 à 900 €/m² en fonction de la taille de l'installation



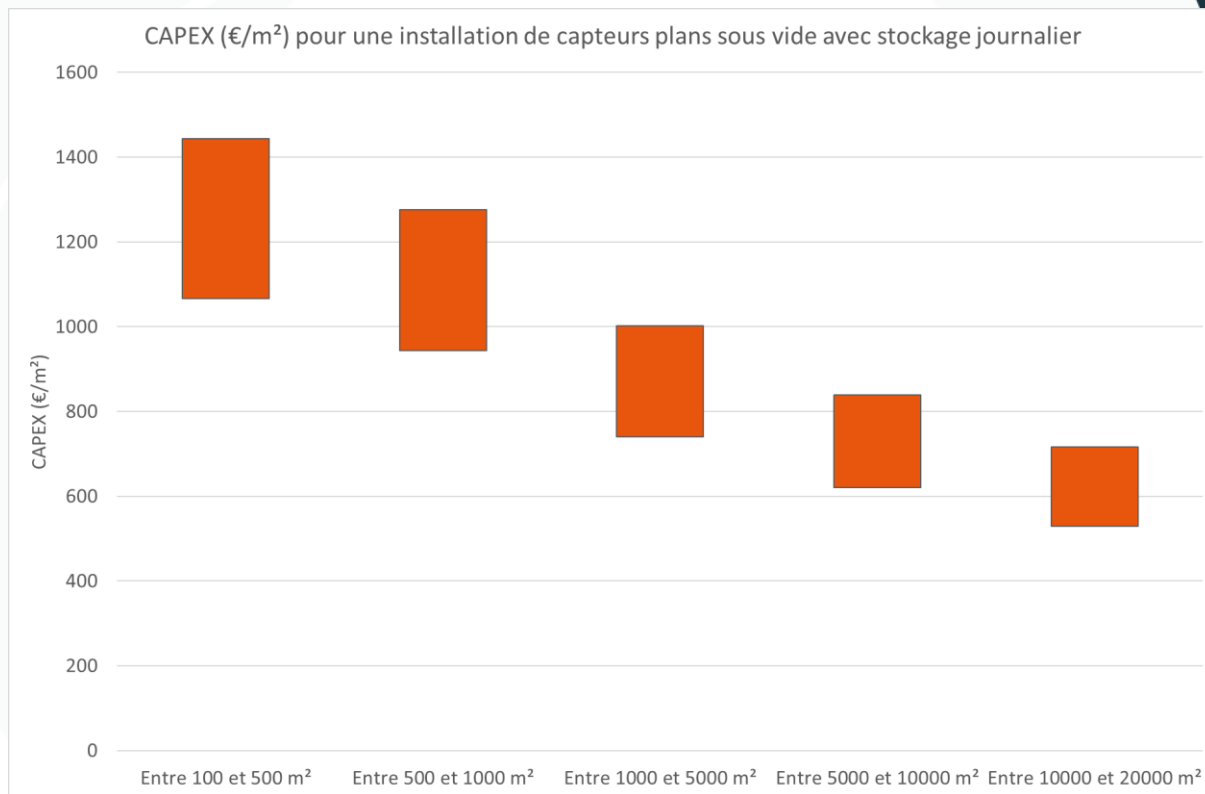
Les coûts d'investissement

- CAPEX (€/m²)
- Capteurs à concentration sans stockage
- De 400 à 1100 €/m² en fonction de la taille de l'installation



Les coûts d'investissement

- CAPEX (€/m²)
- Capteurs plans sous vide avec stockage journalier
- De 500 à 1400 €/m² en fonction de la taille de l'installation

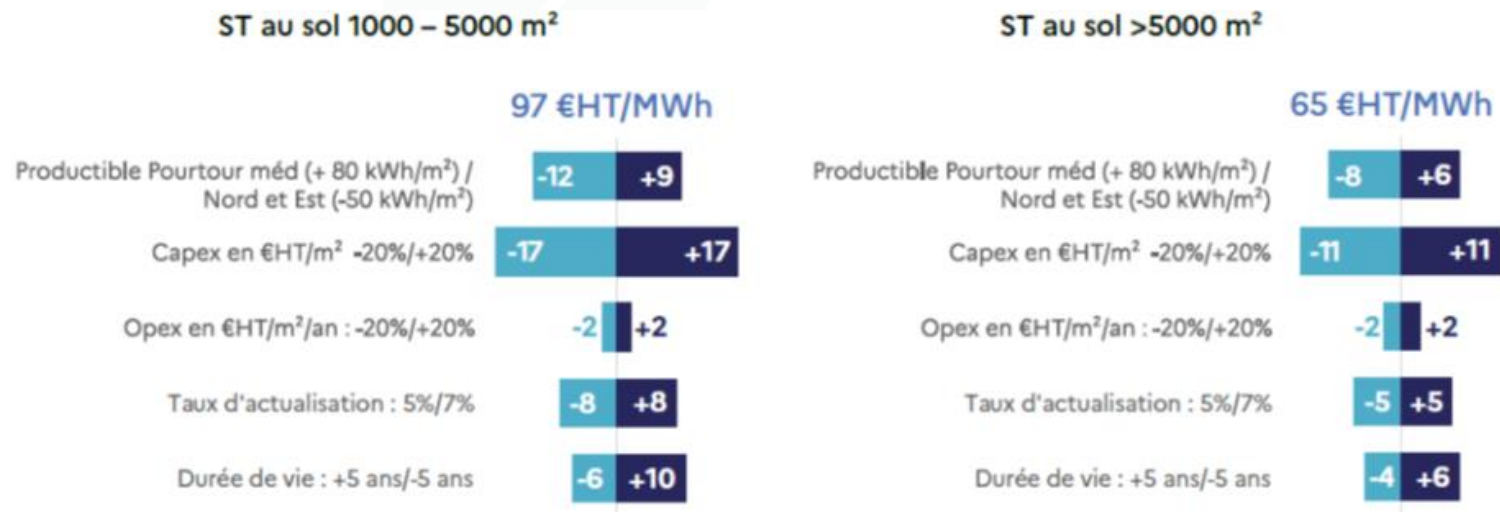


Les coûts de fonctionnement

- OPEX « génériques » évalués à 1% de l'investissement
- OPEX spécifiques à ajouter :
 - Coûts variables liées aux consommations électriques, notamment de la partie « intégration procédés »,
 - Coûts liés à la location des terrains le cas échéant (pouvant atteindre 2 à 3000 €/ha, voire plus)
 - Coûts liés au nettoyage des surfaces réfléchissantes dans le cas des capteurs à concentration.

Le coût de la chaleur solaire

- LCOH : coût global actualisé de la chaleur solaire



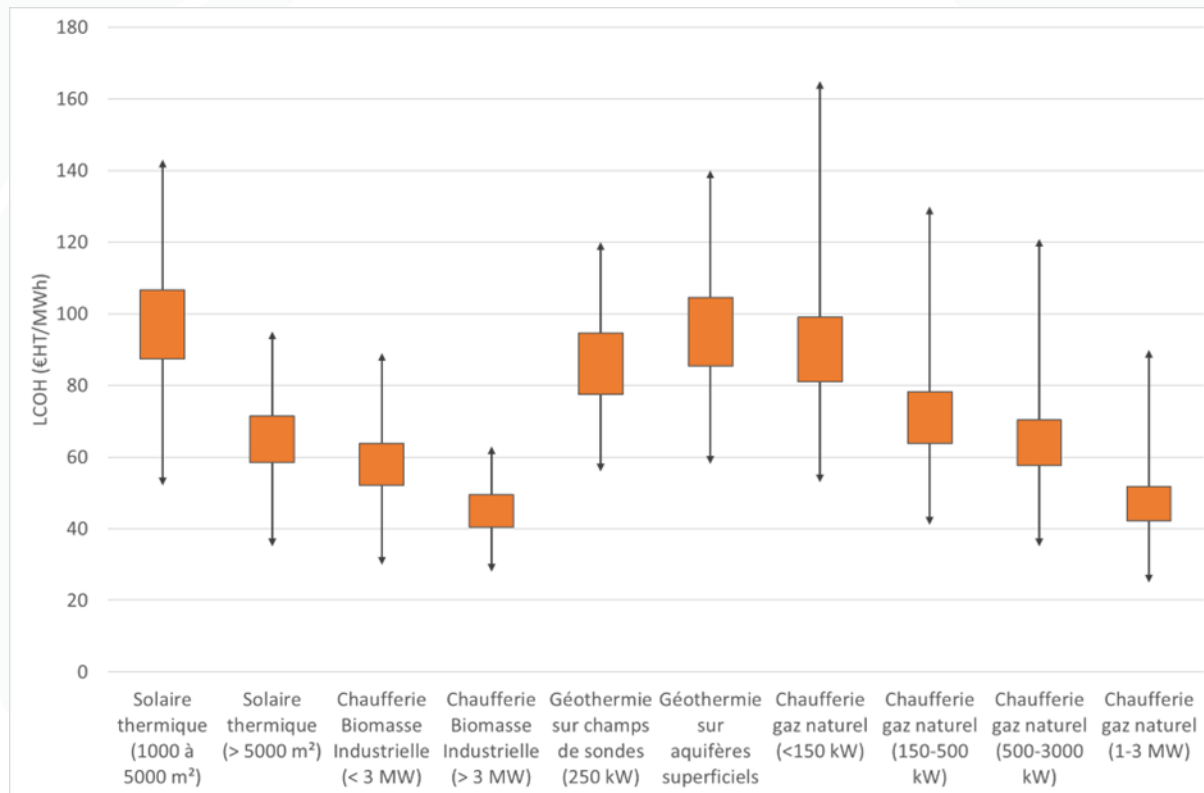
Source : ADEME – Coûts des énergies renouvelables et de récupération en France – Mars 2022

Le coût de la chaleur solaire et des autres technologies

- LCOH de différentes technologies de production de chaleur

Source : ADEME – Coûts des énergies renouvelables et de récupération en France – Mars 2022

Exploitation des données : Philippe Papillon

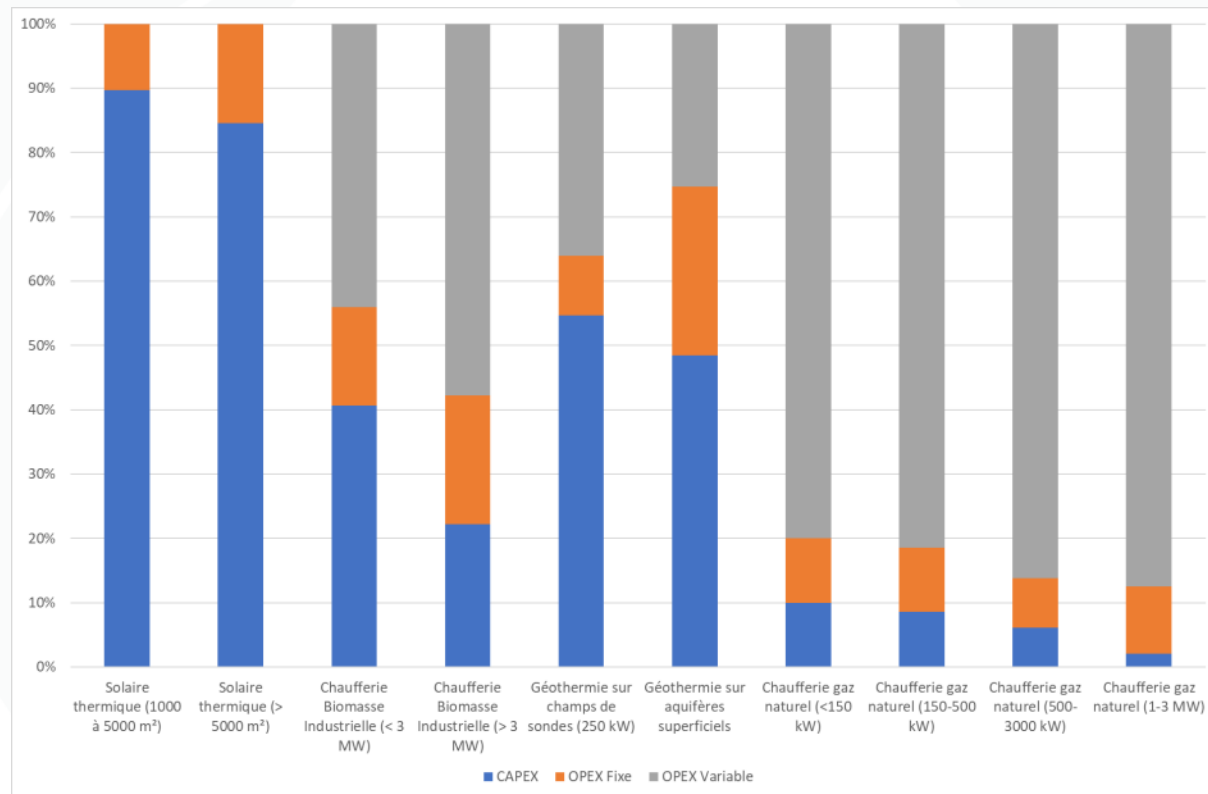


Le coût de la chaleur solaire et des autres technologies

- Poids du **CAPEX**, des **OPEX fixe** et des **OPEX Variable** dans le **LCOH**

Source : ADEME – Coûts des énergies renouvelables et de récupération en France – Mars 2022

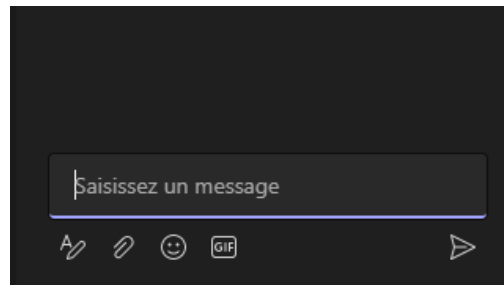
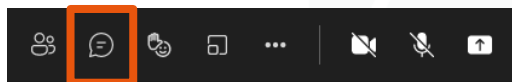
Exploitation des données : Philippe Papillon



L'impact environnemental de la chaleur solaire

- Sur la base d'une analyse du cycle de vie, l'impact carbone est compris entre 12 à 20 gCO₂-eq/kWh (énergie utile)
- A comparer à l'impact carbone du gaz naturel
 - 227 gCO₂/kWhPCI,
 - 252 gCO₂/kWh (énergie utile avec rendement chaudière de 90%)
- La chaleur solaire a un impact entre 13 et 21 fois plus faible que le gaz naturel

Posez vos questions



Technologie du concentrateur Fresnel

Industrial Solar GmbH

2023

Qui sommes-nous ?

- Entreprise fondée en 2008 en tant que **spin-off de l'institut Fraunhofer ISE**
- Siège social à Fribourg-en-Brisgau – Allemagne
- Fournisseur **international** de technologies et de solutions de premier plan
- Nous développons des projets utilisant notre **concentrateur Fresnel** et d'autres **technologies solaires**.
- Nous nous adressons au marché en pleine croissance de la **chaleur solaire industrielle**
- Nous sommes un **guichet unique** pour les clients industriels
- Filiale à 100% de Clean Industry Solutions Holding Europe



Notre portefeuille



CONSEIL INGÉNIERIE

Réduction de CO₂
Optimisation énergétique



SOLUTIONS THERMIQUES CHAUD/FROID

Pompes à chaleur
Refroidisseurs à absorption / Stockage



PRODUCTION D'ÉNERGIE

Photovoltaïque
Carpports
Turbines à fluide



EAU DE PROCESSUS

Traitement de l'eau
Récupération des ressources



Concentrateur Fresnel



Concentrateur Fresnel : principe

- Des miroirs à suivi uniaxial concentrent la lumière du soleil sur un absorbeur.
- Génère de la vapeur, de l'eau surchauffée ou de l'huile thermique.
- Chaleur : jusqu'à 400°C et 120 bar.
- Capacité : de 500 kW_{th} à 30 MW_{th}

Modules concentrateurs Fresnel

Largeur d'un module: **7.5 m**

Longueur d'un module: **4.06 m**

Surface totale de réflexion: **23 m²**

Surface d'un seul module: **30.45 m²**

Hauteur du tube absorbeur par rapport aux miroirs: **4.0 m**

Hauteur des miroirs réflecteurs: **0.5 m**

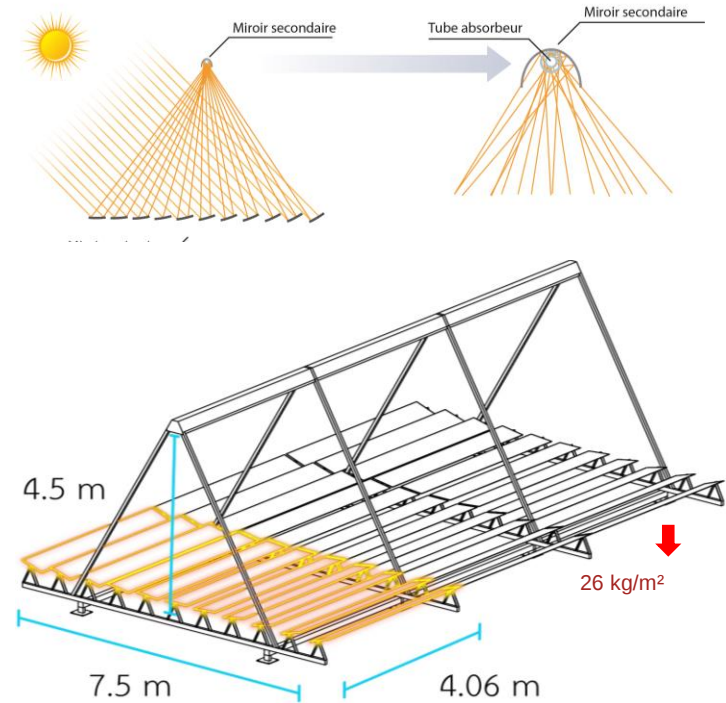
Passage entre les rangées de miroirs: **0.2 m**

Poids: **26.2 kg/m²** (par zone d'installation)

Vitesse maximale du vent tolérée en fonctionnement: **100 km/h**

Vitesse maximale du vent en position de rangement: **180 km/h**

Espérance de vie: **+25 ans**



Technologie Fresnel : composants du collecteur

- Système de miroir robuste



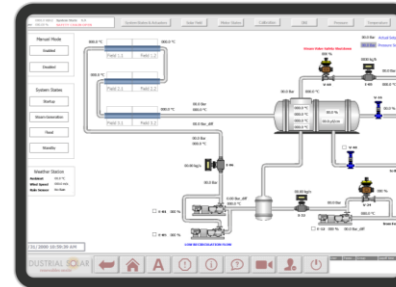
- Tube absorbeur à haut rendement



- Structure de support légère

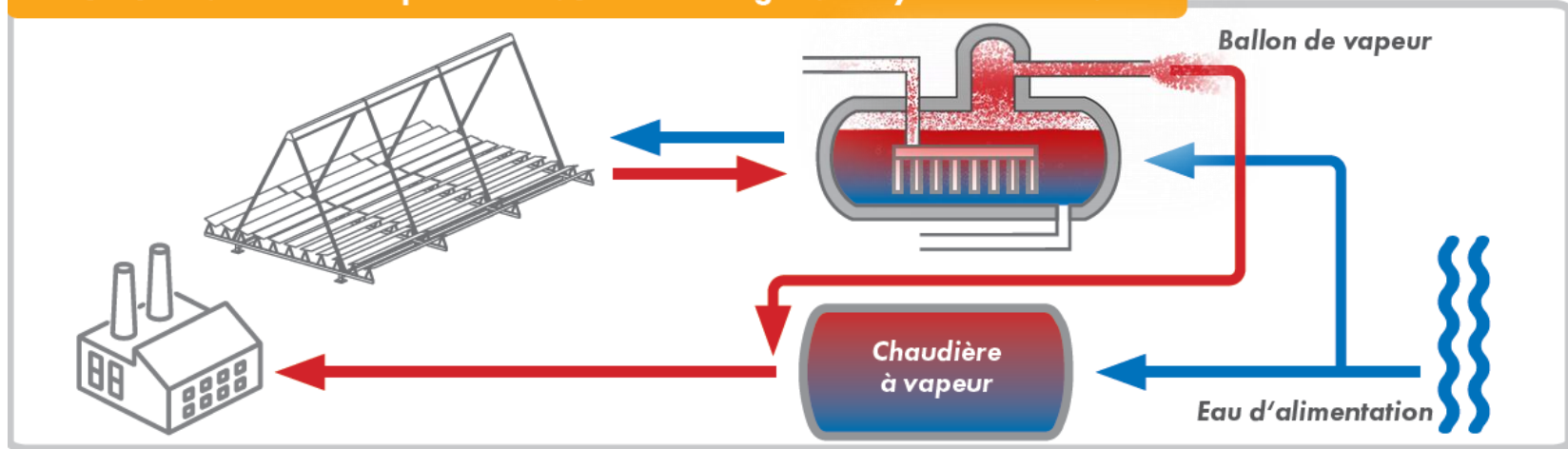


- Système de contrôle intelligent



Production de vapeur solaire avec des concentrateurs Fresnel

Le concentrateur Fresnel peut être facilement intégré aux systèmes existants



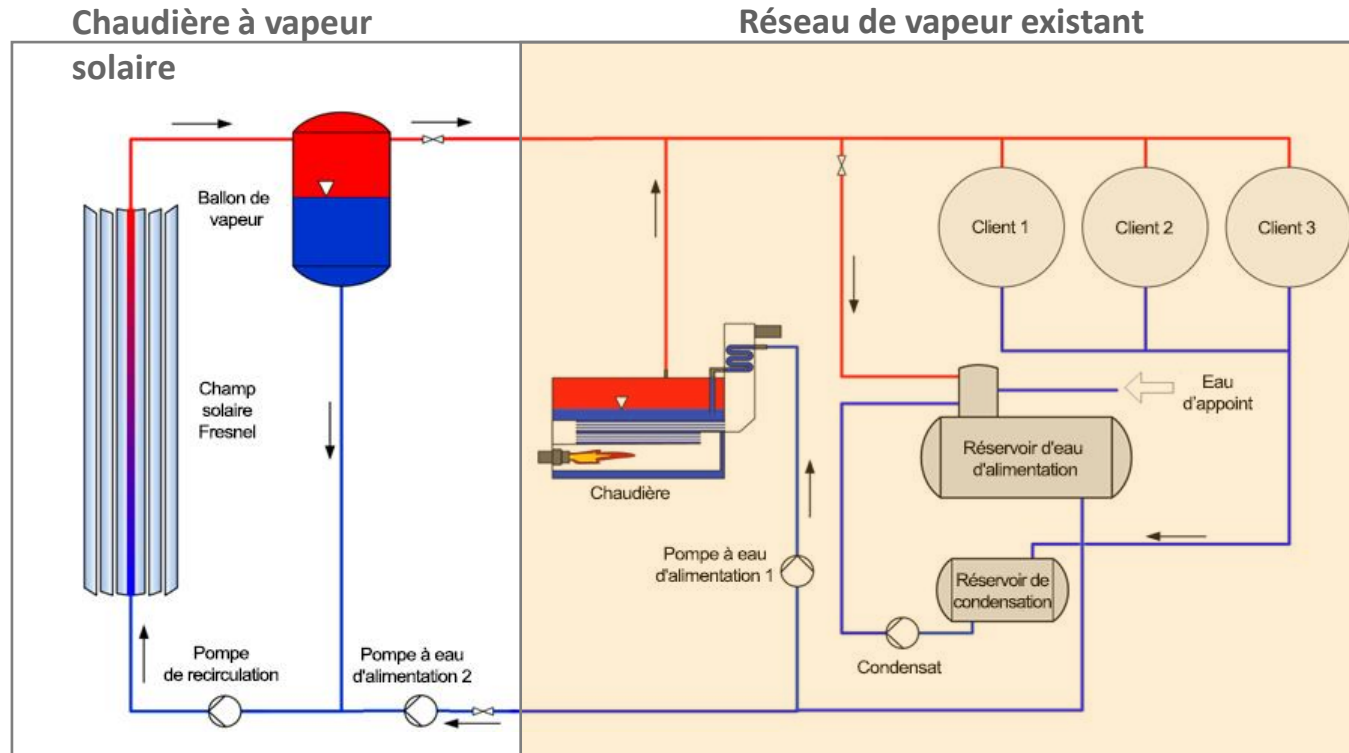
- La vapeur solaire intégrée au niveau de l'approvisionnement est très simple
- Le processus de production reste inchangé
- La vapeur solaire peut être fournie à différents niveaux du processus

Utilisation de la vapeur solaire pour le chauffage et le refroidissement des processus

Industrie du tabac en Jordanie

- concentrateur Fresnel
- Surface de concentration : 1254 m^2
- Énergie thermique : $705 \text{ kW}_{\text{th}}$
- Vapeur saturée : 225°C
- Refroidisseur à absorption
- Capacité de refroidissement : $580 \text{ kW}_{\text{th}}$

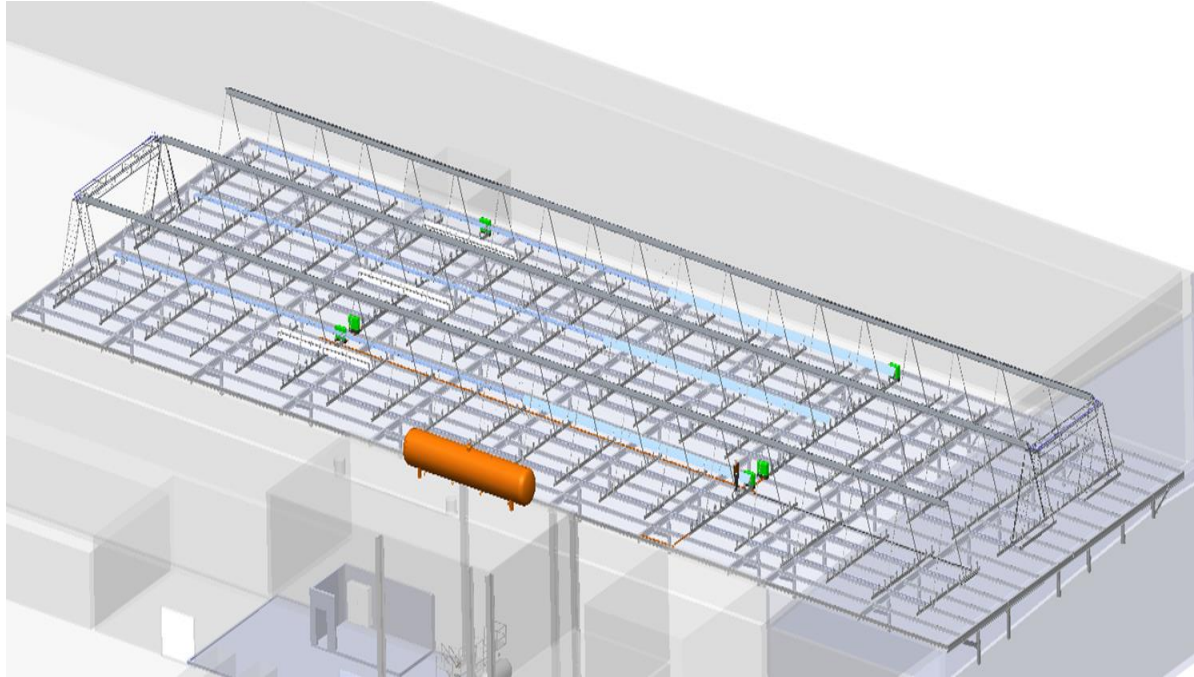
Intégration de la vapeur solaire



Stockage de
vapeur : 15 m³



Disposition du système Fresnel sur le toit



Disposition du système Fresnel sur le toit



Merci de votre attention.

Restez informés de nos activités !



Abonnez-vous à notre [newsletter trimestrielle](#) !

Industrial Solar GmbH
Basler Str. 115
D-79115 Freiburg

Tel. +49 761 767111-0
info@industrial-solar.de

Vidéo : Interview de JTI

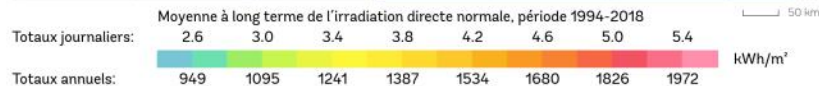
Lien vers la video :

<https://www.youtube.com/watch?v=wbySJsNbyfk>

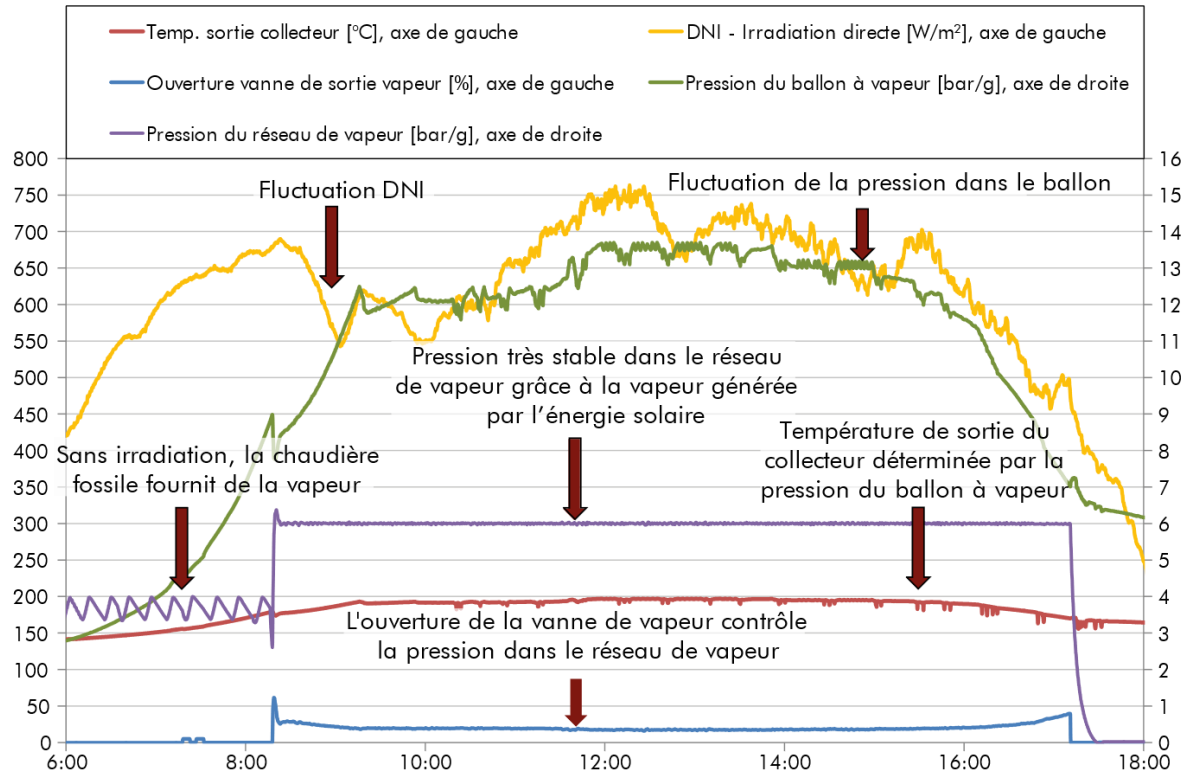


Annexe

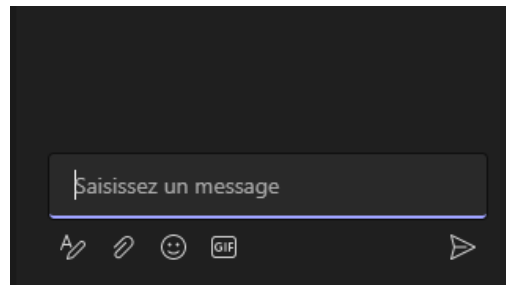
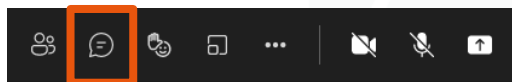
CARTE DE LA RESSOURCE SOLAIRE IRRADIATION DIRECTE NORMALE FRANCE



Annexe : diagramme opérationnel



Posez vos questions !



CONCLUSION

Philippe Papillon – En Butinant l'Energie



Conclusion

- **Présentation**
 - De nombreuses informations n'ont pu être présentées
 - Retrouver l'intégralité dans l'étude
- **Potentiel du solaire thermique dans l'industrie**
 - Un potentiel important
 - Un développement prometteur actuellement
 - De très belles références avec un coût de la chaleur maîtrisé et compétitif (avec les aides ADEME)

Conclusion

- **Recommandations**

- L'analyse des besoins est le point clé de la réussite : profiter des audits énergétiques et des études de faisabilité (financées à hauteur de 70% par l'ADEME)
- Profiter des compétences acquises par de nombreux acteurs (BE, fournisseurs de technologies et de solutions)
- Accélérer le déploiement des solutions matures
- Ouvrir les aides à l'investissement vers les solutions en démonstration (concentration)

**La chaleur solaire :
un outil adapté et performant pour contribuer à la
décarbonation de l'industrie**

CONCLUSION

DES OUTILS POUR VOUS ACCOMPAGNER

Edwige Porcheyre– Enerplan



Enerplan

- **Créé en 1983**
 - Représentatif de la filière solaire en France
 - Des membres sur l'ensemble de la chaîne de création de valeur (TPE, PME, PMI, grands groupes, institutionnels...)
- **Deux missions principales**
 - Représenter les professionnels et défendre leurs intérêts
 - Animer, structurer et développer la filière solaire française
- **Chaleur et électricité**
 - PV : bâtiment et énergie
 - ST : individuel et collectif (animation de l'initiative **SOCOL**)

SOCOL

- **SOCOL pour « solaire collectif » : depuis 14 ans !**
 - Initiative ENERPLAN engagée en 2009
 - Avec le soutien initial de l'ADEME, et de GRDF depuis 2013
- **Les acteurs de la filière mobilisés**
 - Près de 3000 membres
 - Experts du ST collectif et maîtres d'ouvrage
- **Développer la chaleur solaire collective**
 - Diffuser les bonnes pratiques
 - Donner les clefs pour réussir son projet en solaire thermique collectif

Bonnes pratiques et accompagnement SOCOL

1. Initier son projet en étant bien informé
2. S'entourer d'une équipe formée et qualifiée
3. Concevoir l'installation suivant les règles de l'art
4. Réaliser l'installation en rassemblant l'équipe de professionnels
5. Suivre et maintenir l'ouvrage de façon adaptée

Les outils SOCOL disponibles en libre accès



===== SOCOL, LA CHALEUR SOLAIRE COLLECTIVE PERFORMANTE ET DURABLE =====

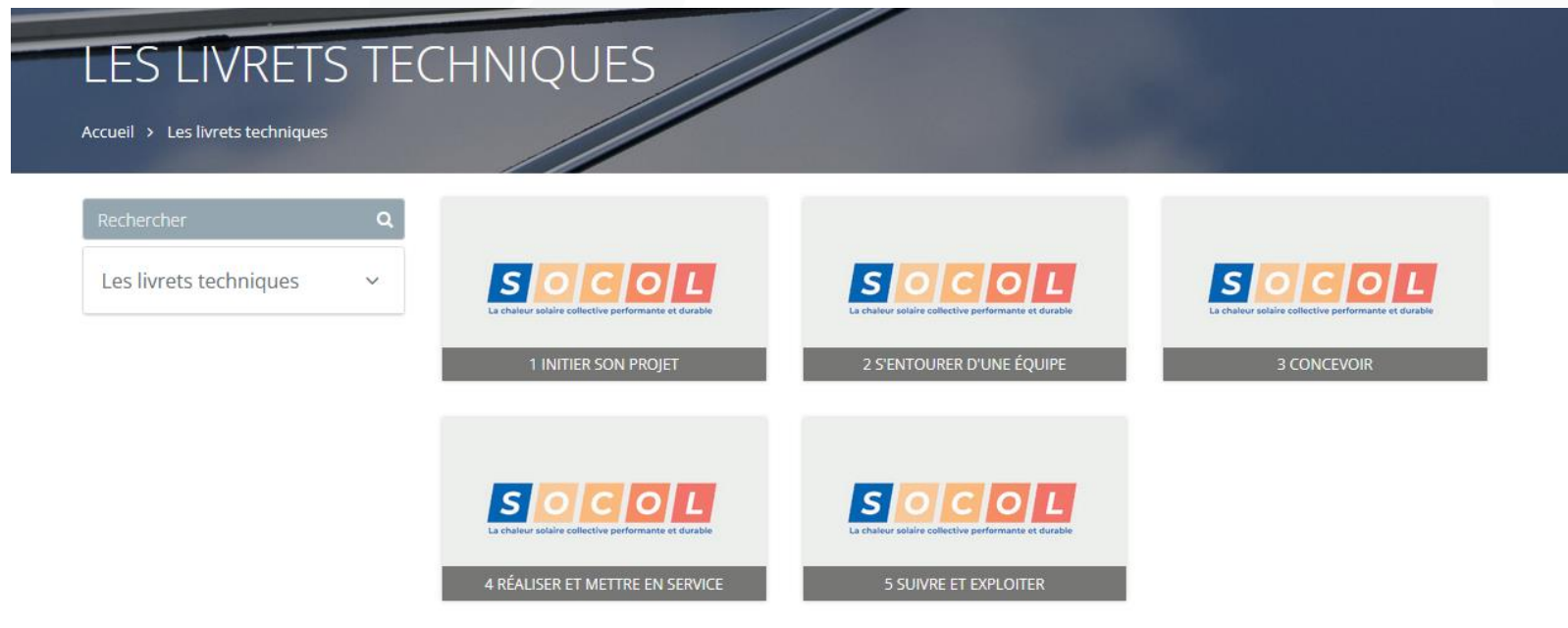
Une page « Ressources » dédiée aux outils en accès libre et gratuit sur le site de SOCOL

- Outils et informations téléchargeables et disponibles pour tous
 - Livrets techniques
 - Fiches d'opérations exemplaires
 - Vidéothèque
 - Photothèque



Les livrets techniques

- Classés selon les étapes des bonnes pratiques SOCOL



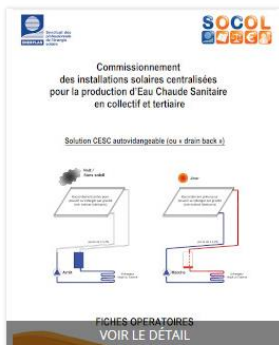
1. Initier son projet



ACTUALITÉS Socol LA TECHNOLOGIE LA FILIÈRE SE LANCER RESSOURCES

1 INITIER SON PROJET

Accueil > Les livrets techniques > 1 Initier son projet



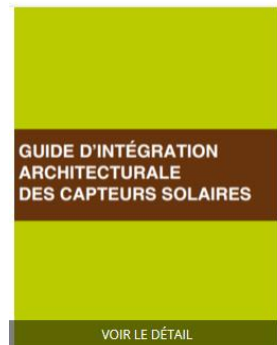
Commissionnement des installations solaires centralisées



Energie solaire et patrimoine classé



Guide pour le solaire thermique collectif en copropriété



Intégration architecturale des capteurs solaires thermiques



OUTISOL



Réseau de chaleur solaire

2. S'entourer d'une équipe

Accueil > Les livrets techniques > 2 S'entourer d'une équipe



S'entourer d'une équipe formée et qualifiée

Les professionnels impliqués à chaque étape du projet et dans la vie de l'ouvrage devront être spécialisés dans l'énergie solaire thermique.

Pour les bureaux d'études et les installateurs, il existe des qualifications RGE (Reconnu Garant de l'Environnement). Les exploitants peuvent quant à eux bénéficier d'une formation spécifique SOCOL Exploitants.

Bureaux d'étude

- RGE Etudes : OPQIBI 20.10
- RGE Ingénierie : OPQIBI 20.14



Installateurs

- RGE QualiSol Collectif
- RGE Qualibat avec formation QualiSol Collectif



Exploitants

- Formation SOCOL Exploitants

Cette formation est dispensée dans les centres agréés suivants :



COSTIC : <https://www.costic.com/formations-en-gere-climatique/formation-au-costic-presentatio>

CRER : <https://www.crer.info/solaire-thermique/>

INES : <https://www.ines-solaire.org/enforcer-capacites/formation/socol-exploitant/>

Des formations SOCOL Exploitants animée par des formateurs agréés sont également organisées par le CODE dans les Hauts de France : <https://code.cataloquiformpro.com/solaire-thermique/200991/socol-exploitant-suivi-et-maintenance-dissalation-solaire-collective-de-production-deau-chaude-san>

Des informations sont également disponibles sur le site de la FEEBAT : <https://www.feebat.org/formations-professionnelles-du-business-thermiques-renouvelables/thermiques/socol-exploitant-suivi-et-maintenance-dissalation-solaire-collective-de-production>

S'entourer d'une équipe formée et qualifiée



Les professionnels impliqués à chaque étape du projet et dans la vie de l'ouvrage devront être spécialisés dans l'énergie solaire thermique.

Pour les bureaux d'études et les installateurs, il existe des qualifications RGE (Reconnu Garant de l'Environnement). Les exploitants peuvent quant à eux bénéficier d'une formation spécifique SOCOL Exploitants.

[S'entourer_dune_quipe.pdf](#) [21/10/2021 15:28] 164 Ko.

Catégories : Les livrets techniques, 2 S'entourer d'une équipe

3. Concevoir

3 CONCEVOIR

Accueil > Les livrets techniques > 3 Concevoir

Rechercher



Les livrets techniques



8 produits

Trier par : Position



Bouclage en eau chaude
solaire collective



Définir les bons ratios de
dimensionnement



Guide SOCOL sur la
production de chaleur
solaire pour les piscines

4. Réaliser et mettre en service

4 RÉALISER ET METTRE EN SERVICE

Accueil > Les livrets techniques > 4 Réaliser et mettre en service

Rechercher



Les livrets techniques



3 produits

Trier par :

Position



VOIR LE DÉTAIL

Mise en Service Dynamique,
clé de voute de l'installation



VOIR LE DÉTAIL

Réalisation



VOIR LE DÉTAIL

Réception

Focus sur la mise en service dynamique

- Pourquoi une mise en service dynamique ?
 - Retours fréquents des maitres d'ouvrage et usagers :
 - On «pense» que l'installation fonctionne car le confort en eau chaude sanitaire est atteint, mais difficulté d'apprécier le bon fonctionnement des installations ST
 - Coût de maintenance : élevé et/ou non connu par rapport au prévisionnel
 - Persistance de problèmes techniques non résolus même après plusieurs années d'exploitation
 - Identification d'un manque de connaissance et de confiance dans le fonctionnement de l'installation ST

Focus sur la mise en service dynamique

- Un maillon qui manquait souvent dans la chaîne projet



- Manque de documentation à la réception
 - Mise en service trop précoce de l'installation
 - « Oubli » ou erreur de suivi
- **Nécessité de mettre en place une étape supplémentaire : la MeSDyn**

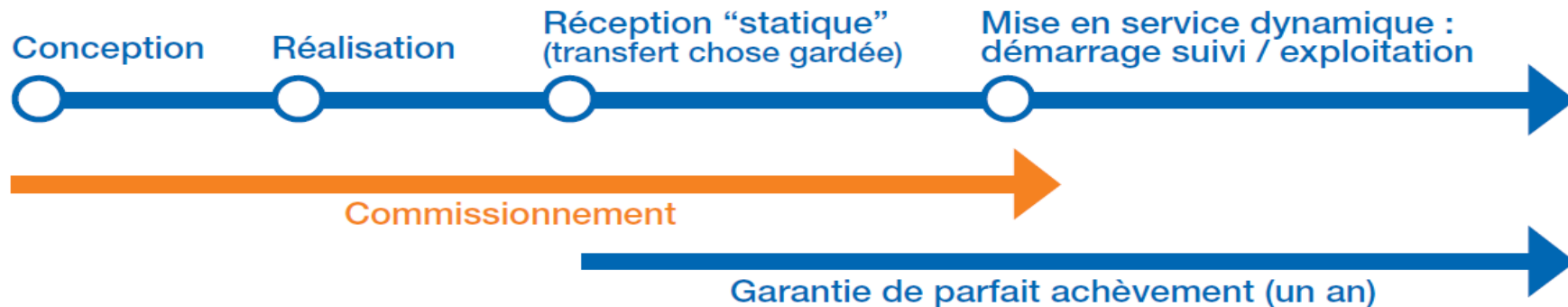
La mise en service dynamique en quelques mots

Procédure nécessaire :

- Pour s'assurer que la production réelle est conforme au productible théorique
- Pour vérifier formellement, par des mesures, l'atteinte du niveau nominal de productivité (tenant compte des consommations, de l'ensoleillement, avec l'équilibrage hydraulique, le réglage de certains équipements...)
- Pour documenter un carnet de bord technique, contenant tous les éléments et indicateurs relatifs à l'installation, nécessaires à la bonne exploitation de l'ouvrage dans le temps.

La mise en service dynamique : quand ?

Après la réception, dès la mise en route (assez d'utilisateurs / de puisage)



La mise en service dynamique : comment ?

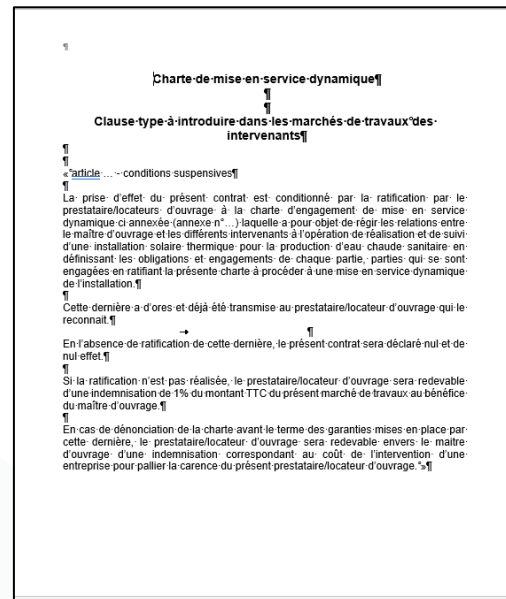
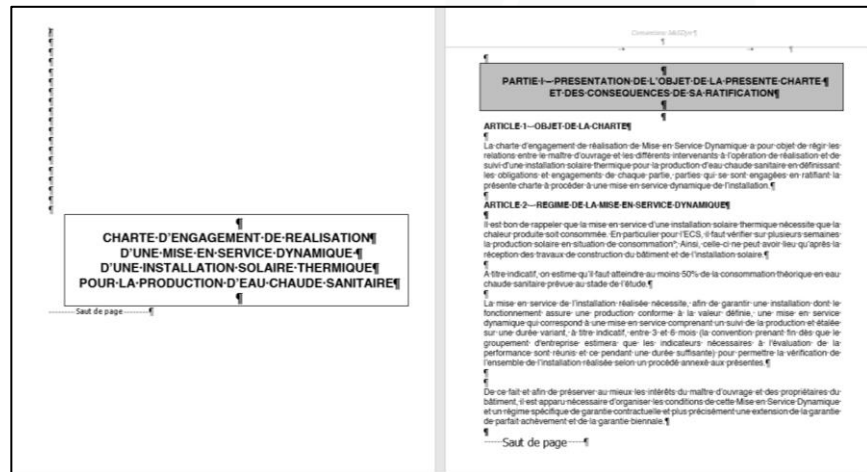
Un engagement juridique

1. **Signature** de la charte de mise en service dynamique
2. **Renseignement** du livret technique SOCOL de mise en service dynamique, à chaque étape
3. **Mise à niveau** de l'installation en cas de performance inférieure aux attentes
4. **Livraison** d'une installation conforme aux performances prévues à la fin de la mise en service dynamique

La mise en service dynamique : quels outils ?

Les outils SOCOL à disposition des maîtres d'ouvrage

- La Charte
- La Clause type



Les outils SOCOL à disposition des professionnels

[illegible]

2) Mise-en-service-dynamique

La mise en service dynamique consiste à mettre en marche, mesurer et régler les paramètres de l'installation : débits, pressions conformément aux spécifications et aux calculs ; puis à faire fonctionner l'installation pendant une durée suffisante pour établir des bilans énergétiques conformes aux valeurs théoriques correspondant aux puissances effectués et à l'insollement disponible.

La collecte de tous les résultats de mesure sur des bordereaux constitue un document précieux pour l'exploitation future de l'installation.

- il est exigé que l'installation fonctionne conformément aux valeurs prescrites.
- il constitue une mémoire de tous les réglages effectués.
- il améliore la qualité d'exploitation car il sera possible de détecter les dérives concernant les paramètres essentiels de l'installation.

La mise en service dynamique se décompose donc en deux étapes : la mise au point et le comptage énergétique comparé à la théorie.

a) - La mise au point

Remplissage et mise sous pression de l'installation

Marque, type et % de glycol du fluide caloporteur
 Type de caloporteur avec son numéro de l'ANSES

Volume de liquide introduit : Spécifier : Mesurer :

Précision de gonflage du vase d'expansion : Précision (bar) : Régler (bar) :

Précision de remplissage du réseau : Précision (bar) : Régler (bar) :

Précision de service (à l'usage) : Précision (bar) : Régler (bar) :

Circulateurs

Circulateur primaire : Spécifier : Régler :

Circulateur secondaire : Spécifier : Régler :

Equilibrage

Décrire ici le dispositif de réglage des débits et les résultats de la procédure d'équilibrage

Détecteur crépusculaire (lux) : Réviser ou régler :

Châssis de démarrage (V) : :

Châssis de démarrage (V) : :

Température de consigne secondaire (°C) : :

Température de sécurité ballon (°C) : :

Température de sécurité capteurs (°C) : :

Autres paramètres : :

Saut de section (page suivante)

10

5. Suivre et exploiter

5 SUIVRE ET EXPLOITER

Accueil > Les livrets techniques > 5 Suivre et exploiter

Rechercher



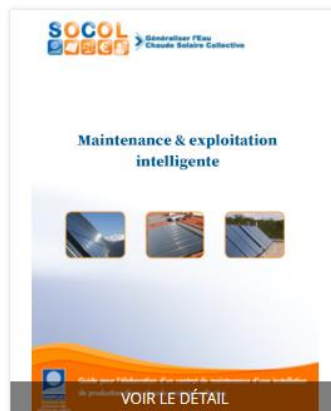
Les livrets techniques



2 produits

Trier par :

Position



Maintenance & exploitation
intelligente



Suivi du fonctionnement et
des performances de

Les fiches d'opérations exemplaires



Accueil > Ressources > Les fiches d'opérations exemplaires

▼ Logement

▼ Hôtellerie

▼ Hôtellerie de plein air

▼ Industrie

▼ Services et tertiaire

▼ Piscines

**FICHE D'OPÉRATION**
www.solaire-collectif.fr

La chaleur solaire collective performante et durable

**LYS SERVICES**
237 rue du Dr Rousseau
59 660 Merville



Maître d'ouvrage :
Denis Godefroy
Maître d'œuvre :
Tecsol
Installateur :
Sunsee et Bouygues Énergies Services
Exploitant :
Lys Services



Contexte

La centrale solaire équipe l'entreprise Lys Services (Merville, Hauts-de-France). Cette société consomme de grandes quantités d'eau chaude dans le cadre d'une de ses activités, à savoir le lavage de citernes de camions.

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Mise en service en janvier 2019, il s'agit d'une installation optique au sol comprenant une surface de capteurs optiques de 1270 m². Les capteurs de la marque Sunoptimo sont des Optisun 245V, ils sont orientés à 80° et inclinés à 15°.

Le volume de stockage solaire est de 40 000 litres. Avec une énergie d'appoint au gaz, la consommation d'ECS annuelle est de 20 000 m³.



**SOCOL - FICHE D'OPÉRATION**

Initiative soutenue par l'ADEME & GRDF
Fiche réalisée par Enerplan - Oct. 2019

Photothèque

PHOTOTHÈQUE

Accueil > Ressources > Photothèque



Vidéothèque

VIDÉOTHÈQUE

Accueil > Ressources > Vidéothèque

Découvrez les vidéos témoignages SOCOL

Le soleil est une source d'énergie disponible partout pour produire de la chaleur collective.

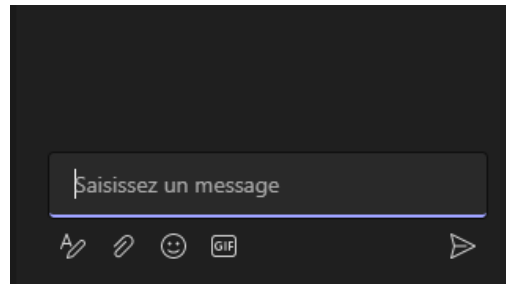
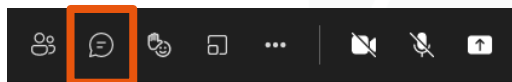
SOCOL a édité des dizaines de fiches d'opérations permettant de détailler les différentes technologies employées pour diverses applications dans plusieurs régions de France et d'en consulter les données techniques et économiques, et a également réalisé plusieurs témoignages vidéo, qui nous donnent l'opportunité de revenir sur les motivations des acteurs, et les innovations mises en place. SOCOL partage également les vidéos de ses partenaires concernant la chaleur solaire collective.



**TÉMOIGNAGES
VIDÉO !**



Posez vos questions !



Actualités ALLICE

Animation de la communauté et valorisation de la filière

Calendrier 2023



*Journée
technique*

2 février

Journée co-organisée avec AXELERA sur les solutions de décarbonation



*Webinaire
adhérents
ALLICE*

23 février

Maintenance prévisionnelle



*Webinaire
adhérents
ALLICE*

16 mars

Décarbonation des procédés de cuisson et de séchage



*Réunion
adhérents
ALLICE*

30 mars

Club PRIME
Réunion plénière



*Rencontre
partenaire*

4 avril

Visite laboratoire
Mines PSL - Sophia
Antipolis



*Webinaire
adhérents
ALLICE*

25 avril

Solutions
performantes de
ventilation



*Rencontre
partenaire*

10-11 mai

MIX.E
Salon du mix
énergétique neutre



*Réunion
adhérents
ALLICE*

6 juillet

Club PRIME
Réunion plénière



*Congrès
ALLICE*

19-20 Sept

Congrès ALLICE



*Rencontre
partenaire*

7 nov

Journée Métrologie
CFM



*Réunion
adhérents
ALLICE*

30 nov

Club PRIME
Réunion plénière
Vote sujets 2024



*Rencontre
partenaire*

12 déc

Rencontre Ecotech
Innovation Energie
du PEXE

2e Congrès biennal : à vos agendas !



Mardi 19 et mercredi 20 septembre 2023
Aux Salons Hoche à Paris

MERCI À TOUS !

*Rendez-vous le 23 février à 10h pour la
restitution de l'état de l'art :
Maintenance prévisionnelle*

