



RdV technique SOLAIRE Thermique

Quels sont les critères à prendre en compte pour estimer le potentiel d'un projet solaire thermique industriel ?

10 janvier 2023, à 09h00

Intervenants

- Edwige PORCHEYRE, Coordinatrice de projets - ENERPLAN
- Philippe PAPIILLON, Directeur – EN BUTINANT l'ÉNERGIE
- Léo PASQUIER, Ingénieur coordinateur de projets – ALLICE
- Daniel MUGNIER, Directeur délégué Solaire et Innovation et Responsable Agence Lyon – PLANAIR
- Julie RUDY, Experte solaire thermique – INES
- Yann VITUPIER, Directeur développement technique – HELIOCLIM
- Alain ROBIC, Directeur Développement France - AZTEQ
- Jean-Paul GOURLIA, Ingénieur Conseil en énergie - E&E CONSEIL (en seconde partie)
- Jean-Marc PIATEK, Chef Maîtrise de l'Énergie – ATEE

SOMMAIRE

➤ **1- Contexte et rappels sur le Solaire Thermique**

- Contexte français,
- Atouts techniques, économiques et environnementaux
- Panel des solutions dé-risquées ($\theta < 100^{\circ}\text{C}$ marché capteur plan, $\theta > 100^{\circ}\text{C}$ marché à concentration),
- Chiffres clefs, nombre d'installation, répartition sur le territoire

Edwige PORCHEYRE - ENERPLAN, Philippe PAPILLON - EN BUTINANT L'ENERGIE, et Léo PASQUIER – ALLICE

➤ **2- Quels sont les critères à prendre en compte pour estimer le potentiel d'un projet SOLAIRE Thermique industriel**

Daniel MUGNIER – PLANAIR, et Julie RUDY - INES

➤ **3- REX de projets industriels de taille moyenne**

- Solaire thermique à capteur plan
Charcuterie région Sud-Ouest - *Edwige PORCHEYRE - ENERPLAN*
- Solaire thermique à concentration concentré
Site pharmaceutique en Eure-et-Loir - *Yann VITUPIER - HELIOCLIM*
Sites belge et espagnol - *Alain ROBIC - AZTEQ*

- Innovations techniques (présentées sous forme de communiqués de presse) - *Jean-Paul GOURLIA*
E&E Conseil



➤ **1- Contexte et rappels
sur le Solaire Thermique**



Syndicat des
professionnels
de l'énergie
solaire



Edwige PORCHEYRE

Coordinatrice de projets

ENERPLAN

www.solaire-collectif.fr



Qu'est-ce que SOCOL ?



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



Les bonnes pratiques 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

La chaleur solaire, quelques chiffres



Bilan carbone d'une installation solaire thermique collective



Exemple : localisation : Lyon ; Taille : 50 m² et 2500l / CESC ; Longueur de canalisations estimée : 100ml en DN40 cuivre
Pour une durée de vie de 22 ans minimum.

Production équivalente : 650 kWh/m².an d'économie d'énergie, soit 715 000 kWh sur 22 ans; avec du gaz (210 g CO₂/kWh) :
150 000 kg CO₂

Produit	Quantité	Durée de vie	Impact/unité(kg)	Impact total (kg)
1 m ² capteur	50	50	220	11 000
Ballon 2500L	1	22	4 500	5 300
1 ml tube cuivre	100	100	1,2	120
Total installation solaire				16 420

Résultat : 23 g eqCO₂/kWh sur 22 ans (et 17g sur 30 ans)

Bilan carbone détaillé sur une grande centrale solaire (NARBOSOL) : 12,1g/kWh pour tout le cycle de vie de la Centrale

Recyclabilité et temps de retour énergétique d'un système solaire



Recyclabilité : plus de 95% en masse et en volume

(reprise obligatoire du fluide caloporteur, mise en place d'une filière de récupération des panneaux en fin de vie)

Temps de retour énergétique : 1 an (sur la base du gaz) et 3 ans (sur la base du mix électrique français)

Hypothèses PEP (fabrication EU) :

Capteur : sur 220 kg CO₂/m², 209 kg CO₂ dus à la fabrication

Ballon : sur 5 290 kg CO₂, 4 900 kg CO₂ dus à la fabrication

Facteur coût



Un panneau, c'est 1200 kWh/an de chaleur économisée !

Coûts qui ont peut évolué depuis quelques années

Prix de l'ordre de 1000€/m² et aides à 50% en moyenne soit 500€/m²

Maintenance de l'ordre de 5%

Sur 20 ans : 50 000 kWh pour 4m² => **Chaleur à 5ç/kWh**

20-25€ /MWh pour les grandes tailles



Une réponse à tous les besoins de chaleur



logements,
cliniques, hôpitaux, maisons de retraite,
piscines,
hôtels, tourisme, restauration collective, campings,
agriculture,
industrie,
établissements pénitentiaires ...



Parc installé (données fin 2021)

Panorama de la chaleur renouvelable et de récupération - édition 2022

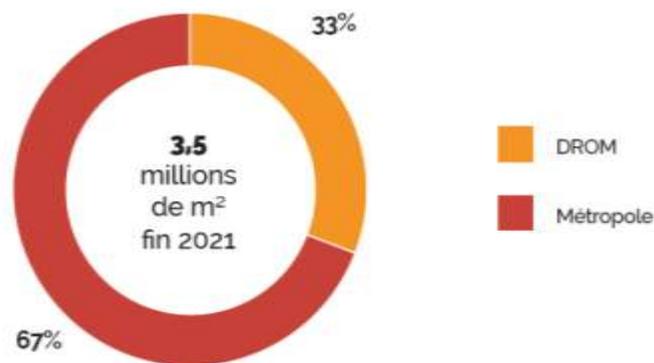


3,5 Mm² soit une production de 2,4 TWh par an

4.2.1. Parc installé

Surface installée (millions de m²) de capteurs solaires thermiques fin 2021

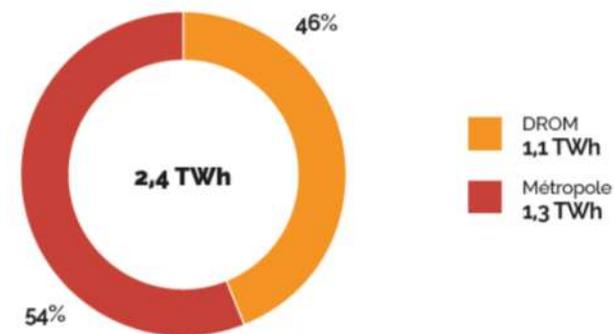
Source : SDES, d'après Observ'ER et UNICLIMA



4.2.3. Production de chaleur renouvelable

Production de chaleur renouvelable du parc en 2021 (en TWh)

Source : SDES, d'après Observ'ER et UNICLIMA



Répartition régionale



Répartition régionale de la densité des capteurs solaires thermiques en fonctionnement fin 2021 en métropole

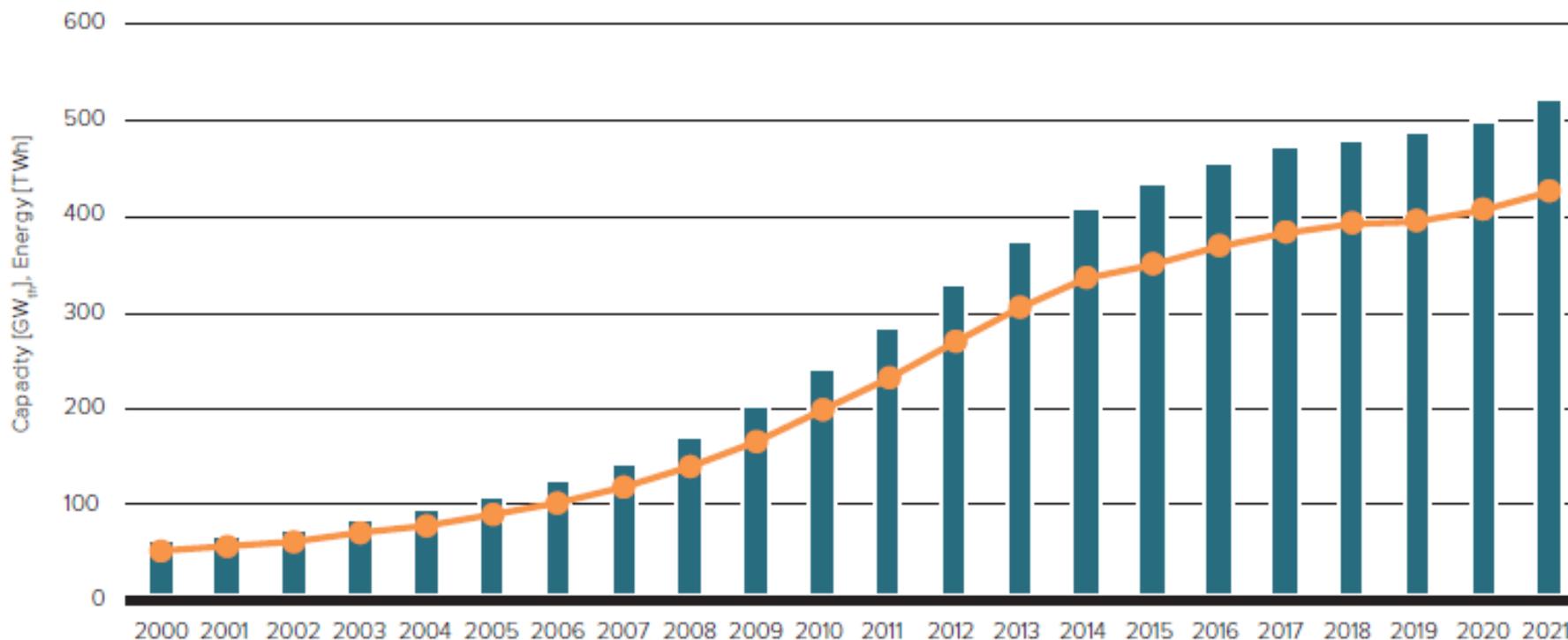
- [0-10 [m² pour 1 000 habitants
- [10-20 [m² pour 1 000 habitants
- [20-30 [m² pour 1 000 habitants
- [30-50 [m² pour 1 000 habitants
- [50 m² pour 1 000 habitants



Données SHC, Solar Heat Worldwide édition 2022



Global solar thermal capacity in operation and annual energy yields 2000-2021



Le marché du solaire thermique a augmenté de 3% en 2021

Figure 2: Global solar thermal capacity in operation and annual energy 2000-2021

■ Global solar thermal capacity in operation [GW_{th}]
● Global solar thermal energy yield [TWh]

La chaleur solaire dans le process industriel



4.3 Solar heat for industrial processes



Solar process heat system for Martini & Rossi with a capacity of 0.42 MW_{th} and equipped with high-vacuum flat plate collectors in Turin, Italy
Photo: TVP Solar, Switzerland

975 installations dans le monde, représentant 1,23 millions de m² de capteurs

Applications de chaleur solaire industrielle en fonctionnement dans le monde à fin mars 2022, par secteur industriel

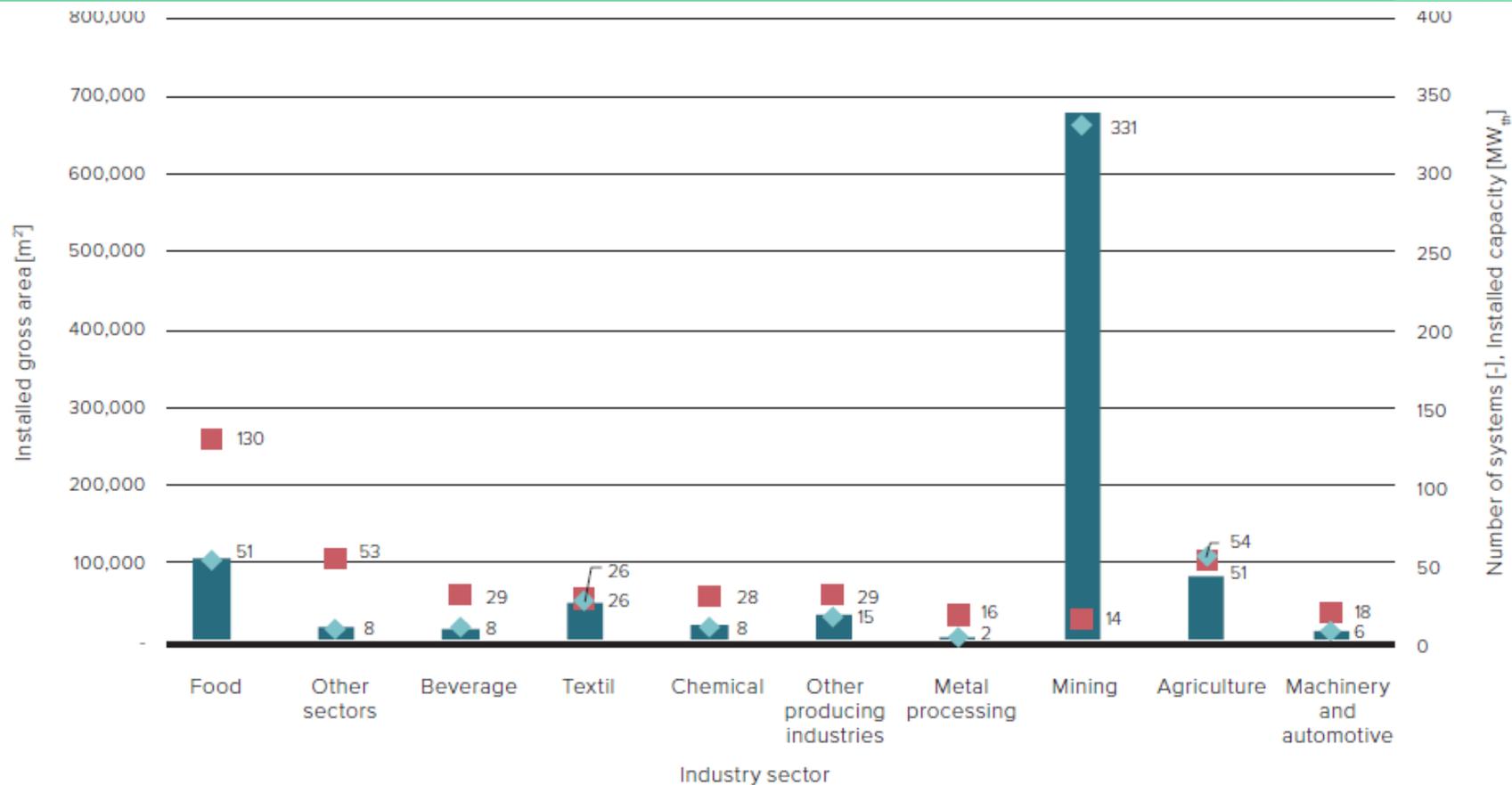


Figure 13: Solar process heat applications in operation worldwide at the end of March 2022 by industry sector
 (Source: IEA SHC Task64/IV SHIP database)

■ Gross Area [m²gross] ◆ Thermal Power [MW_{th}]
■ Number of systems [-]

Les outils SOCOL disponibles en libre accès



ESPACE MEMBRE | REJOINDRE SOCOL | CONTACT 

S O C O L
La chaleur solaire collective performante et durable

ACTUALITÉS | SOCOL | LA TECHNOLOGIE | LA FILIÈRE | SE LANCER | RESSOURCES

NOS RESSOURCES

Découvrez comment utiliser les outils SOCOL pour réussir votre projet.

[En savoir plus](#)

[EN SAVOIR PLUS](#)

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



Livrets techniques



- Classés selon les étapes des bonnes pratiques SOCOL

LES LIVRETS TECHNIQUES

Accueil > Les livrets techniques

Rechercher

Les livrets techniques

S **O** **C** **O** **L**
La chaleur solaire collective performante et durable

1 INITIER SON PROJET

S **O** **C** **O** **L**
La chaleur solaire collective performante et durable

2 S'ENTOURER D'UNE ÉQUIPE

S **O** **C** **O** **L**
La chaleur solaire collective performante et durable

3 CONCEVOIR

S **O** **C** **O** **L**
La chaleur solaire collective performante et durable

4 RÉALISER ET METTRE EN SERVICE

S **O** **C** **O** **L**
La chaleur solaire collective performante et durable

5 SUIVRE ET EXPLOITER

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 pour la production d'Eau Chaude Sanitaire en collectif et tertiaire

Solution CESC autoridageable (ou « drain back »)

FIGES OPÉRATEIRES
VOIR LE DÉTAIL

Commissionnement des installations solaires centralisées

SOLAIRE ET PATRIMOINE CLASSÉ

Créer les paysages d'environnement sans compromettre l'héritage du passé : énergie solaire et patrimoine classé

VOIR LE DÉTAIL

Energie solaire et patrimoine classé

LES INSTALLATIONS SOLAIRES THERMIQUES COLLECTIVES EN COPROPRIÉTÉ

Comprendre et suivre son installation

VOIR LE DÉTAIL

Guide pour le solaire thermique collectif en copropriété

GUIDE D'INTÉGRATION ARCHITECTURALE DES CAPTEURS SOLAIRES

VOIR LE DÉTAIL

Intégration architecturale des capteurs solaires thermiques

OUTISOL - Notice de l'utilisateur - janvier 2013

Outil d'Évaluation Économique du Solaire Thermique Collectif

VOIR LE DÉTAIL

OUTISOL

Smart Grid Solaire Thermique

GUIDE DE CONCEPTION DES RESEAUX DE CHALEUR SOLAIRE ADAPTES AUX ECO-QUARTIERS

VOIR LE DÉTAIL

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 : OPOiBi 20.10
- RGE Ingénierie : OPOiBi 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-gerie-climatique/la-formation-au-costic-presentaiton>

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

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

Des formations SOCOL Exploitants animée par des formateurs agréés sont également organisées par le CD2E dans les Hauts de France : <https://cd2e.cataloqueformpro.com/4/solaire-thermique/280991/socol-exploitant-suivi-et-maintenance-installation-solaire-collective-de-production-d'eau-chaude-sa/>

Des informations sont également disponibles sur le site de la FEEBAT : <https://www.feebat.org/formations/les-associés-du-business/energies-renouvelables-thermiques/socol-exploitant-suivi-et-maintenance-installation-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.

[Sentourer_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



Traitement du bouclage
Dans les installations de chaleur solaire collective

[VOIR LE DÉTAIL](#)

Bouclage en eau chaude solaire collective

FICHE TECHNIQUE

1. **Objectifs de cette fiche**

2. **Ratio de dimensionnement conseillé**

3. **Exemples de dimensionnement conseillés**

Ratio	100	120	140	160	180	200
Qualité	1,1	0,85	0,75	0,70	0,65	0,60

4. **Notes de lecture**

- 100 litres par m² par jour à 60°C
- 120 litres par m² par jour à 60°C
- 140 litres par m² par jour à 60°C
- 160 litres par m² par jour à 60°C
- 180 litres par m² par jour à 60°C
- 200 litres par m² par jour à 60°C

[VOIR LE DÉTAIL](#)

Définir les bons ratios de dimensionnement

Livret technique

La chaleur solaire, une réponse adaptée aux besoins en eau chaude des piscines collectives

[VOIR LE DÉTAIL](#)

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



SOCOL
La chaleur solaire collective performante et durable
Édition Février 2018

Mise en Service Dynamique : Clé de voûte du processus qualité SOCOL

VOIR LE DÉTAIL

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

Réalisation

VOIR LE DÉTAIL

Réalisation

Réception

VOIR LE DÉTAIL

Réception

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



SOCOL Généraliser l'Eau Chaude Solaire Collective
Edition février 2016

Maintenance & exploitation intelligente

VOIR LE DÉTAIL

Maintenance & exploitation intelligente

SOCOL Généraliser l'Eau Chaude Solaire Collective
Edition février 2016

Suivi de production de chaleur solaire collective pour une performance durable

VOIR LE DÉTAIL

Suivi du fonctionnement et des performances de

Les fiches d'opérations exemplaires



LES FICHES D'OPÉRATIONS EXEMPLAIRES

Accueil > Ressources > Les fiches d'opérations exemplaires

▼ Logement

▼ Hôtellerie

▼ Hôtellerie de plein air

▼ Industrie

▼ Services et tertiaire

▼ Piscines

SOCOL FICHE D'OPÉRATION

www.solaire-collectif.fr

La chaleur solaire collective performante et durable

LYS SERVICES

237 rue du Dr Rousseau
59 660 Merville

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.

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

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Mise en service en janvier 2019, il s'agit d'une installation optiques 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.



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

SOCOL - FICHE D'OPÉRATION

Vidéothèque et photothèque



PHOTOTHÈQUE

Accueil > Ressources > Photothèque



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.



*Fédérer et innover pour décarboner
l'industrie*



Léo Pasquier
Coordinateur d'études
leo.pasquier@alliance-allice.com



Alliance ALLICE

Fédérer et innover pour décarboner l'industrie

Nos missions

- ✓ **Rassembler l'ensemble des acteurs de la filière** pour innover collectivement au service de la décarbonation de l'industrie
- ✓ **Soutenir le développement d'une offre de solutions** de décarbonation performante et différenciante, en France et à l'international
- ✓ **Soutenir les industriels** dans l'accélération de leur décarbonation

Nos activités



Travaux collectifs



Initiation de projets collaboratifs

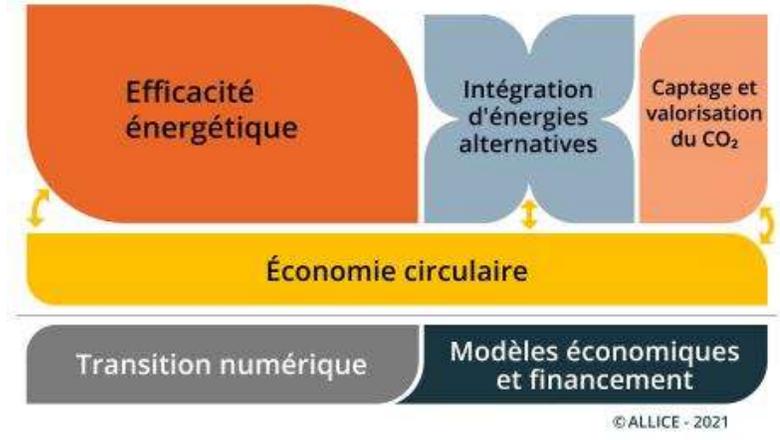


Animation de la communauté



Valorisation de la filière

Nos domaines d'intervention



Notre structure

- ✓ Un modèle reposant sur **des adhésions**
- ✓ Une structure d'animation **indépendante**
- ✓ Une gouvernance répondant aux **besoins des adhérents** et assurant une **vision stratégique** des enjeux de l'industrie
- ✓ Plus de **100 membres et partenaires**

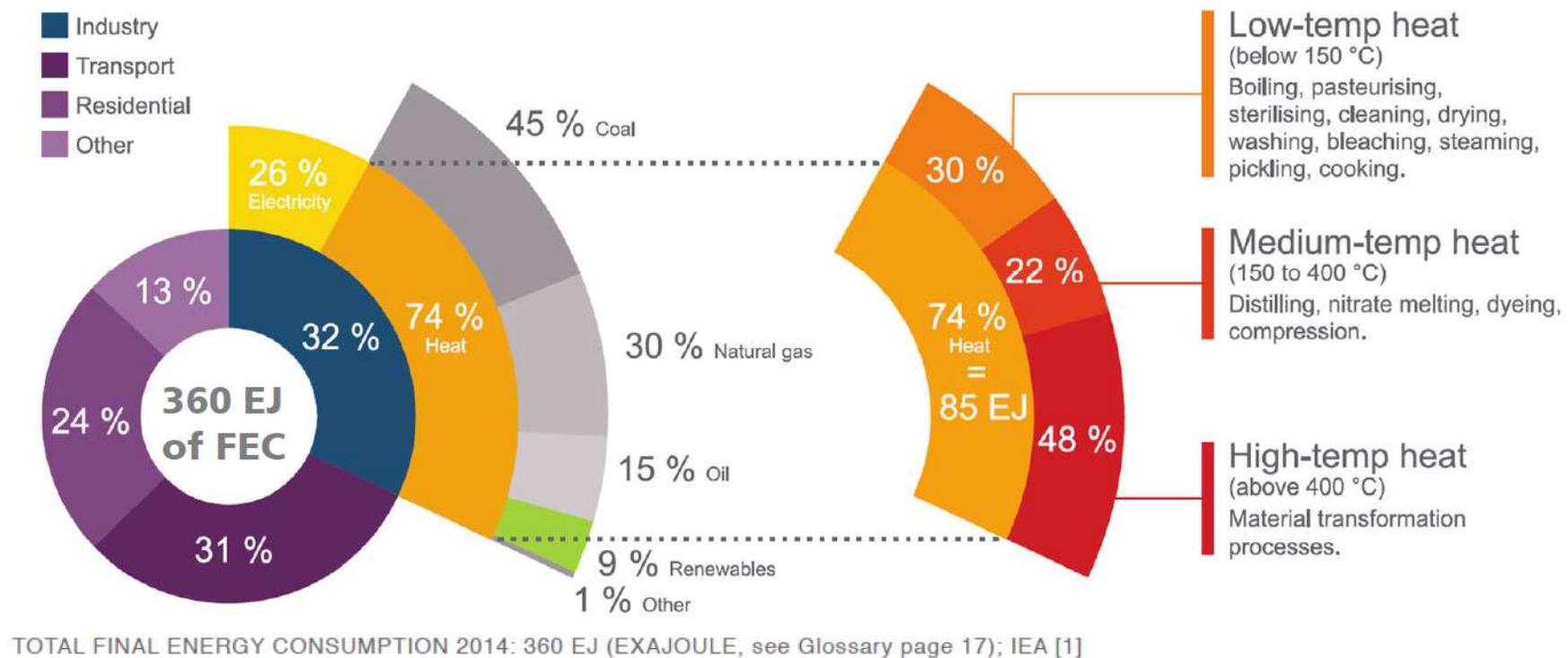
POTENTIEL DU SOLAIRE THERMIQUE DANS L'INDUSTRIE

*Présentation de l'étude réalisée par
Edwige Porcheyre – ENERPLAN
Philippe Papillon – En Butinant l'Énergie*



Quel 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

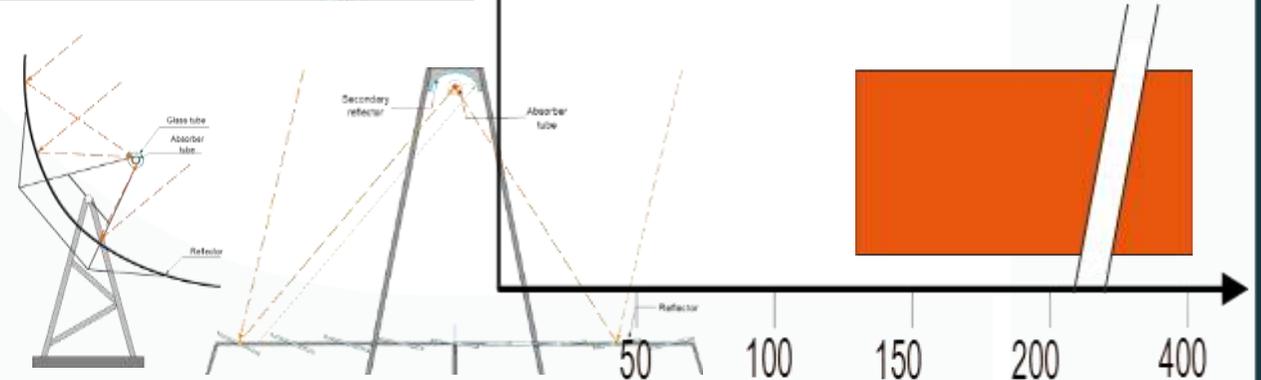
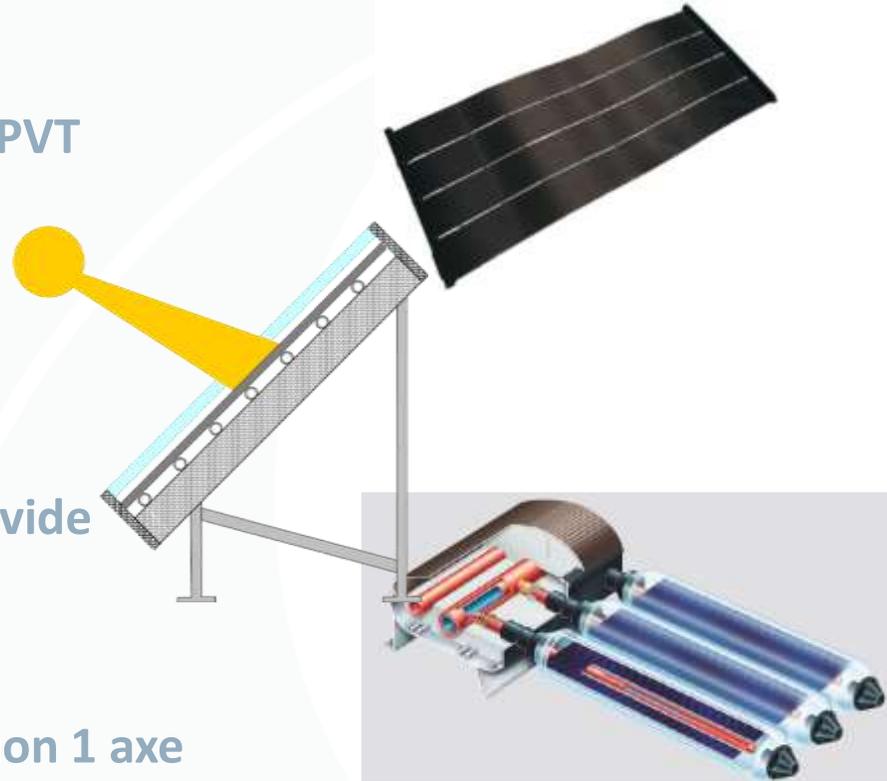
Quelques typologies de capteurs solaires

Du plus simple ...



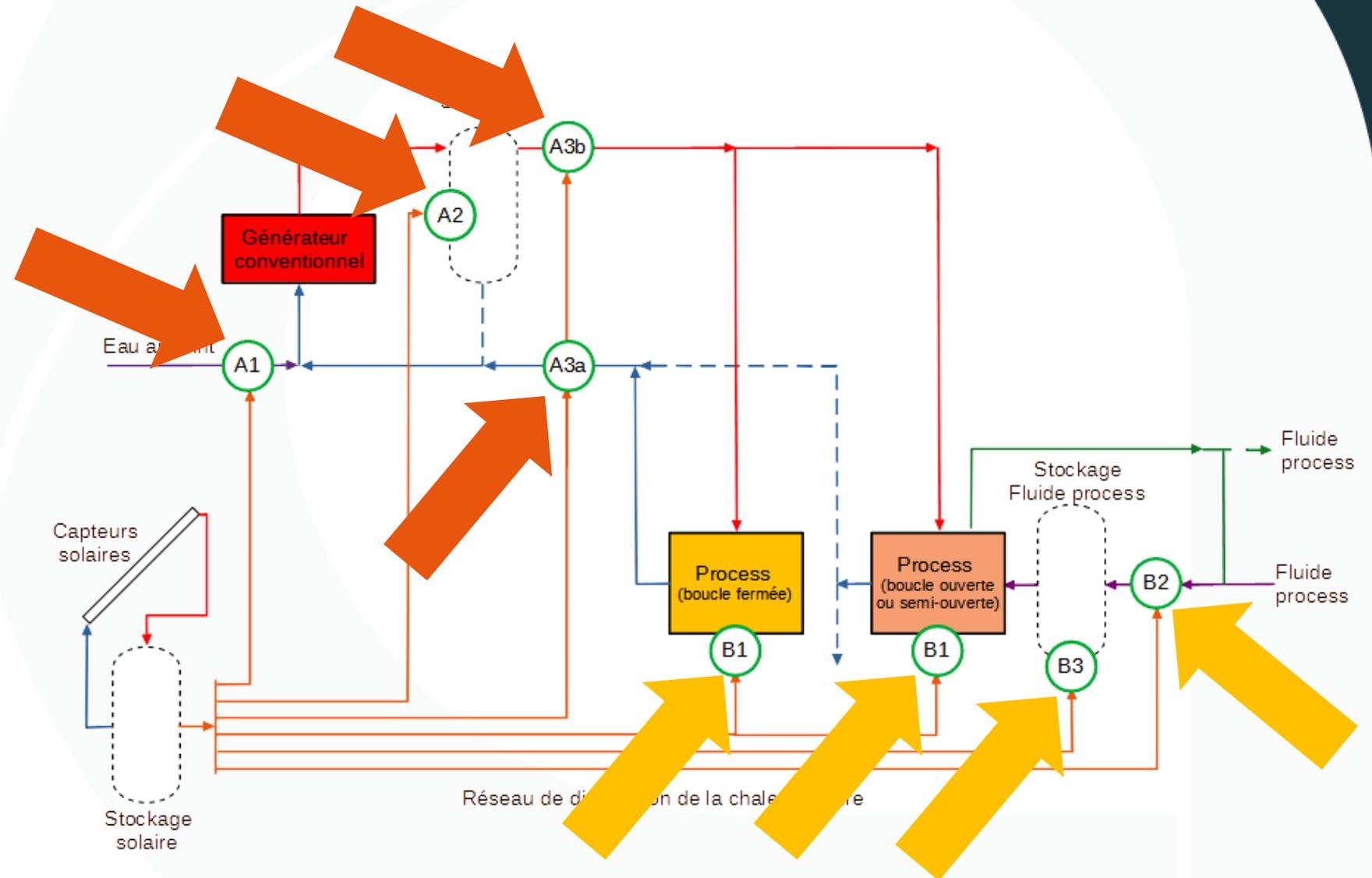
...au plus complexe

- 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



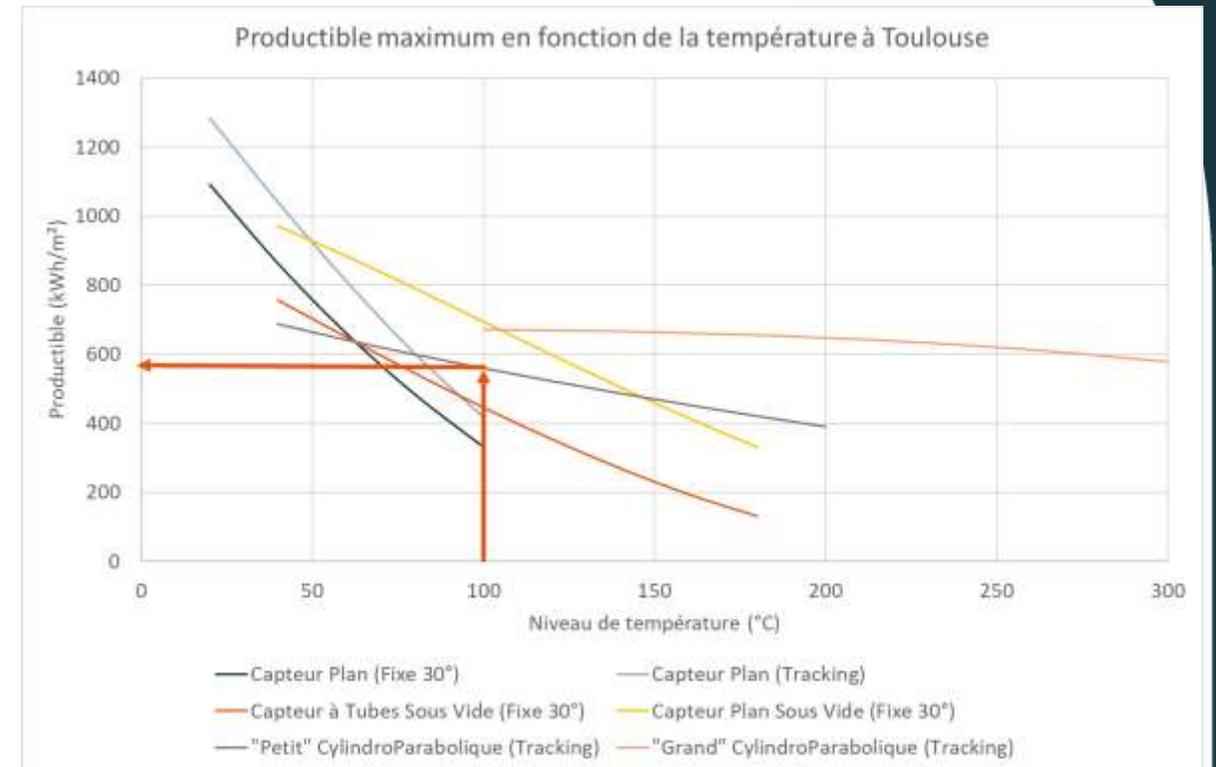
Où intégrer la chaleur solaire dans les procédés industriels

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



La notion de productible ...

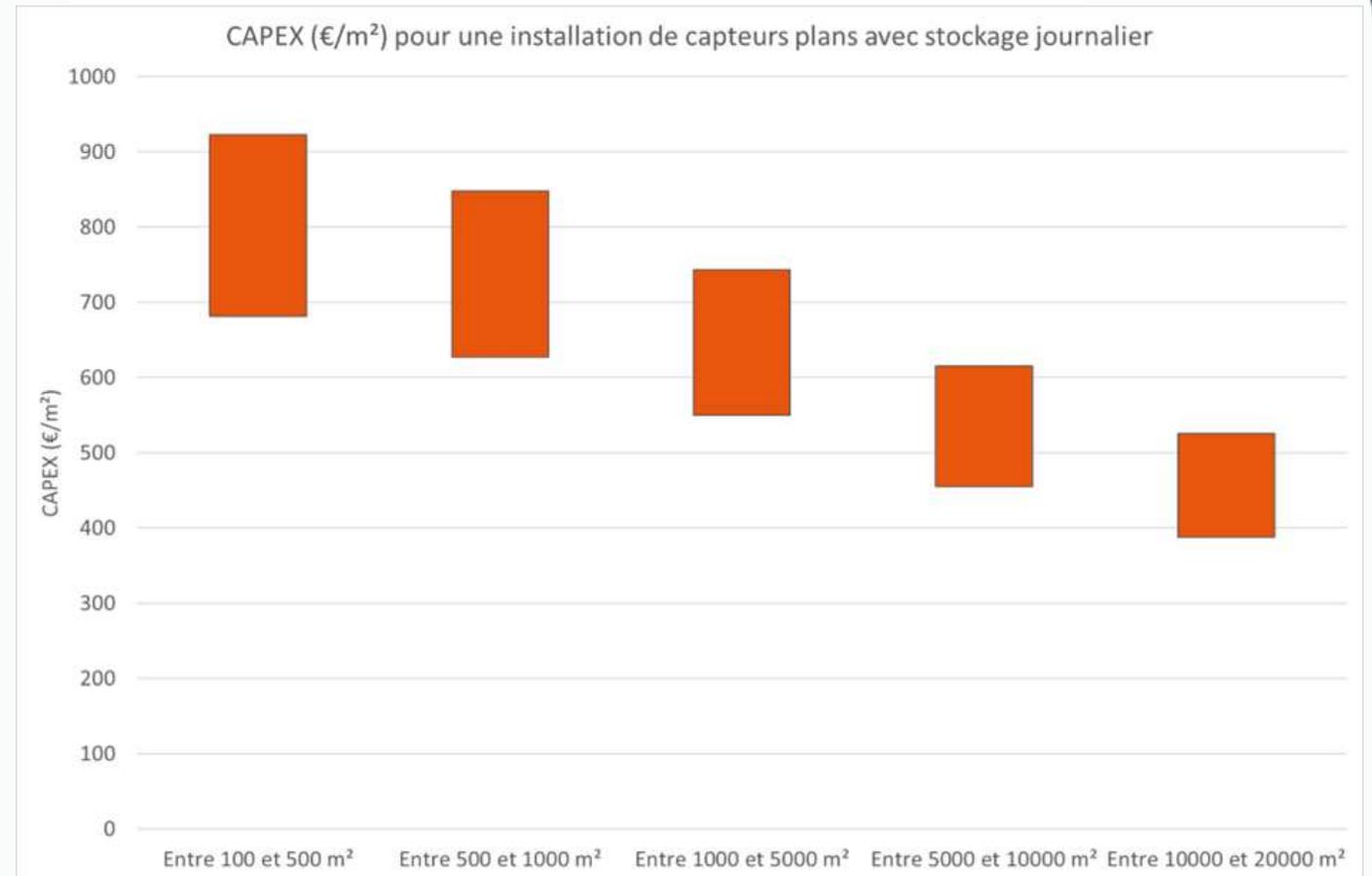
- Le niveau de température impacte directement le choix de la technologie et le productible
- Implique la sélection la plus adaptée du point d'injection, la connaissance des profils de charge, et l'utilisation d'outils de modélisation dynamique
- Quelques outils analysés :
 - TSOL
 - Polysun
 - TRNSYS
 - SAM
 - Greenius



Graphique établi en supposant que le besoin de chaleur n'est pas limitant. D'autres stations climatiques sont disponibles dans l'étude.

... le CAPEX des installations solaires thermiques ...

- Evaluation des CAPEX des installations solaires thermiques selon les technologies.
- En exemple, pour les installations de capteurs plans avec stockage journalier
- Autres technologies disponibles dans l'étude



... et le coût de la chaleur solaire.

- Notion de LCOH

$$LCOH = \frac{I_0 - S_0 + \sum_{t=1}^T \frac{C_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^T \frac{E_t}{(1+r)^t}}$$

- Coût global actualisé de la chaleur solaire sur la durée de vie de l'installation (hors subvention)



Source : ADEME sur la base des installations financées dans le cadre du Fonds Chaleur



➤ 2- Quels sont les critères à prendre en compte pour estimer le potentiel d'un projet Solaire Thermique industriel

Avant toute chose...

Sobriété énergétique

- Prioriser et réduire les besoins
- Optimisation des process
- Réduction des niveaux de chauffage et climatisation

Efficacité énergétique

- Réduire la quantité d'énergie nécessaire pour satisfaire un besoin
- Audit énergétique
- Améliorer les performances des équipements

Energie renouvelable

- Remplacer les énergies fossiles par les EnR&R
- Energie fatale
- Solaire thermique

Les critères à prendre en compte pour l'ajout de solaire thermique dans une industrie

► Paramètres facilitants

- Demande de chaleur au moins 9 mois de l'année (été inclus) et 5 jours par semaine
- Demande de chaleur basse température
- Aucune récupération d'énergie possible depuis un process (déjà fait ou « non-rentable »)
- Fioul (lourd) unique source d'énergie
- Aides disponibles

► Paramètres bloquants

- Aucune place disponible pour les capteurs
- Mauvaise orientation ou ombrage important sur l'emplacement possible des capteurs
- Aucun besoin ou très faible de mars à septembre

Les points clés à repérer

► Les besoins de chaleur

- Répartition sur l'année
- Précision de l'évaluation

► L'implantation des capteurs solaires

- Surface disponible
- Orientation-inclinaison-masque
- Liaisons avec la chaufferie

► Le local technique

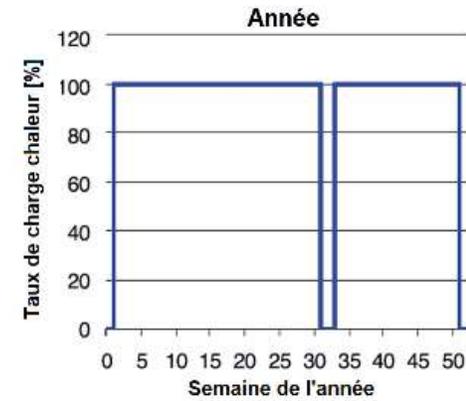
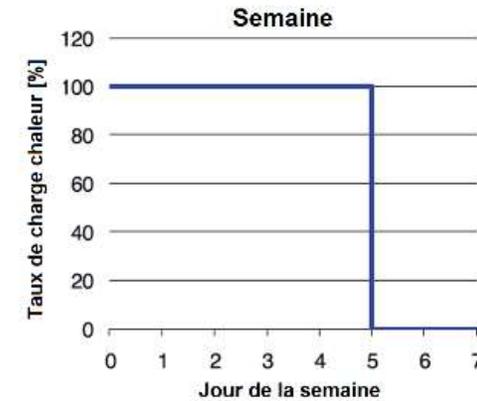
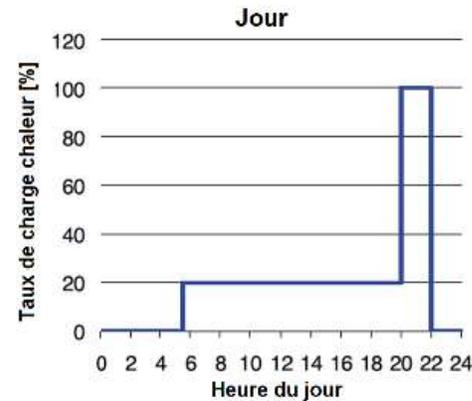
- Surface disponible
- Raccordement avec le système d'appoint

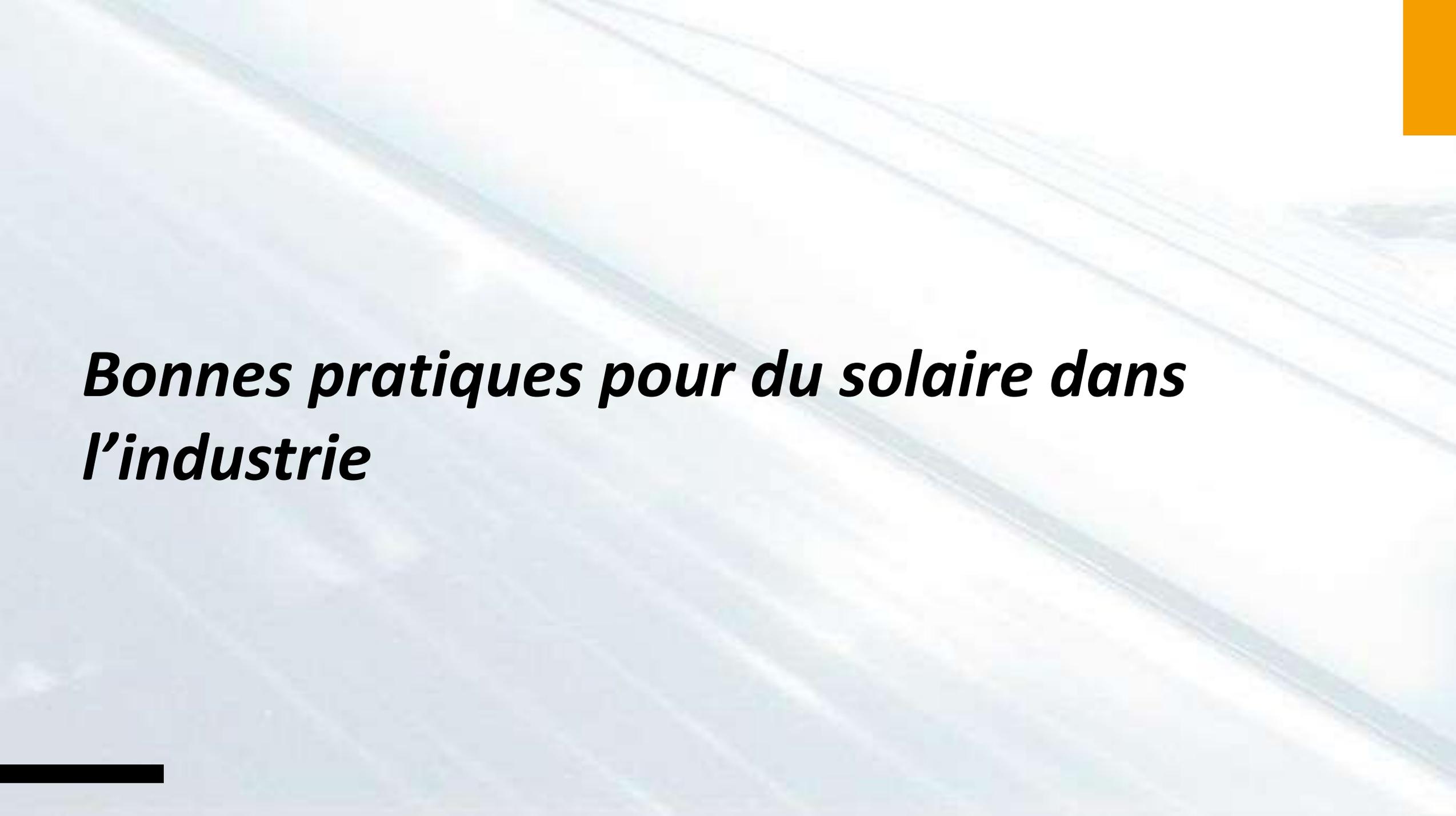


- Analyse du/des système(s) de production de chaleur existant(s)
 - Nature du système
Énergie
Technologie
 - Type de fonctionnement
Production modulable ou stockage thermique
 - Fréquence de fonctionnement
Continue ou périodique
 - Medium de transfert (fluide caloporteur)
Nature et niveaux de température
 - Consommation énergétique
Débit/volume et niveaux de température (profils de fonctionnement)

➤ Analyse des process

- Nature du procédé
Opération et niveaux de température
- Logique de fonctionnement
Cycle ouvert ou fermé
- Medium de transfert (fluide caloporteur)
Nature et niveaux de température
- Fréquence de fonctionnement
- Continue ou périodique
- Échangeur de chaleur : Type
- Consommation énergétique du process
Débit/volume et niveaux de température (profils de fonctionnement)





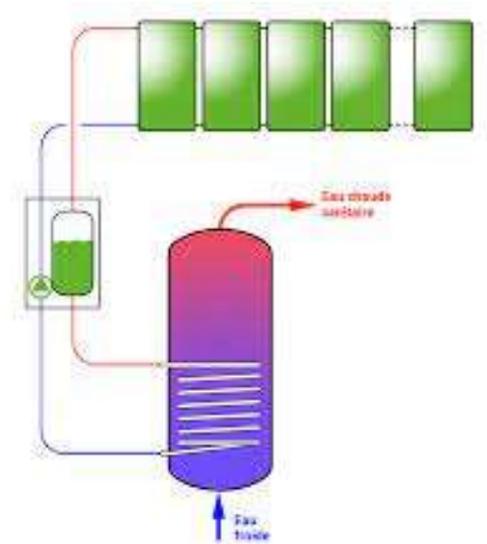
Bonnes pratiques pour du solaire dans l'industrie

Vision générale du solaire thermique dans l'industrie :

- Un potentiel énorme
- L'obligation de simplicité pour la pérennité
- Avant tout, la production d'eau chaude !
- Un engagement sur les performances des acteurs

Une installation solaire thermique doit être dimensionnée sur des besoins de chaleur :

- Après exploration des sources de récupération de chaleur fatale
- Avec un maximum d'anticipation sur les besoins à venir dans les 20 ans
- En utilisant une technologie de « captation solaire intrinsèquement sûre » si possible (autovidange, tracking, dispositif de protection contre la surchauffe)



Exemples de réalisations emblématiques

Une grosse consommation d'ECS.... Un abattoir



FICHE D'OPÉRATION
EAU CHAUDE SOLAIRE COLLECTIVE
N°22

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Surface de capteurs (brute et d'entrée)	250 m ²
Type de capteurs	Plan à revêtement sélectif
Type d'intégration	Indépendants sur support sur toiture terrasse
Orientation des capteurs	Plein Sud
Inclinaison des capteurs	30°
Volume de stockage tampon	nc
Volume de stockage d'ECS	2 ballons de 8 000 L
Type de stockage solaire	Centralisé
Énergie d'appoint	Gaz naturel
Consommation d'ECS annuelle	3 130 m ³ (12m ³ /j en 2011; 5j/7)

Abattoir municipal
Ussel(19)>

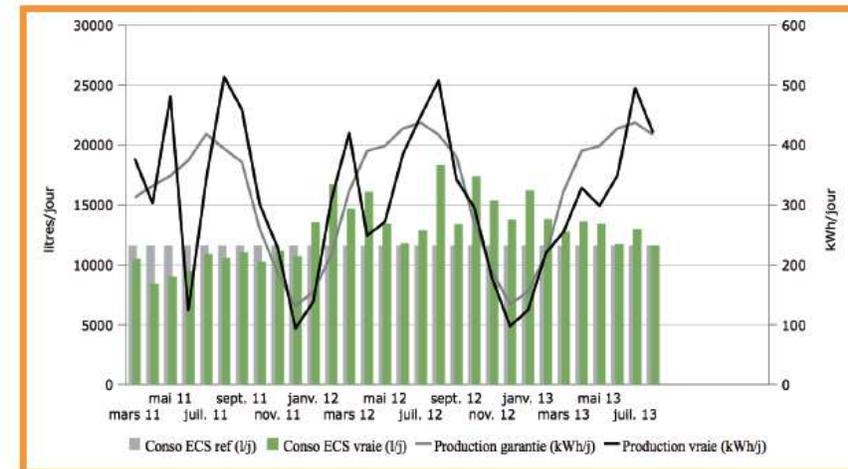
Installation solaire thermique autovidangeable pour la production d'eau chaude sanitaire



GARANTIE DE RESULTATS SOLAIRES

Analyse des mesures

Consommation d'ecs supérieure de 11 % à la référence
Production solaire inférieure de 3 % à la référence
Productivité moyenne annuelle mesurée : 457 kWh/m²/an



Depuis le 1er mars 2011, cette installation présente un ratio de production (réelle/théorique) de 97 %.

Exemples de réalisations emblématiques

Une grosse consommation d'ECS....
Une usine d'embouteillage

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Surface de capteurs	74 m ²
Marque de capteurs	Viessman Vitosol 100F
Orientation des capteurs	35° Sud Ouest
Inclinaison des capteurs	30°
Volume de stockage Solaire	2 * 3000 Litres
Energie d'appoint	Gaz
Consommation d'ECS annuelle	965 m ³

La chaleur solaire collective performante et durable



Fiche d'opération

Eau chaude pour process viticole
Usine de Bourdouil
À Rivesaltes (66)

Installation solaire thermique pour la production d'eau chaude utilisé en process industriel.

DONNÉES ÉCONOMIQUES

Coût de l'installation solaire	70 000 € HT
Montant des aides à l'investissement	33 645 € HT
Économie financière annuelle	3 515 € (7,81 c€/kWh)

L'importance de la supervision solaire pour surveiller les performances dans la durée..

Exemples de réalisations emblématiques

Une grosse consommation d'ECS....
Une usine d'embouteillage

La chaleur solaire collective performante et durable

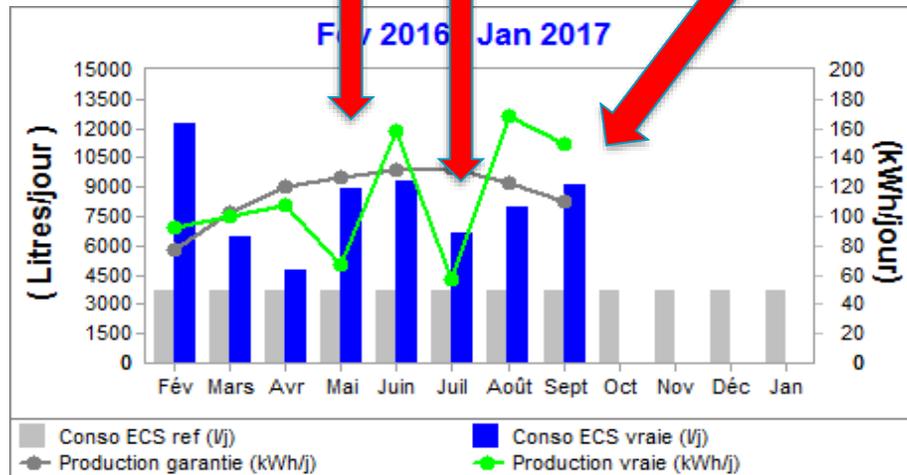


Fiche d'opération

Eau chaude pour process viticole
Usine de Bourdouil
À Rivesaltes (66)

Installation solaire thermique pour la production d'eau chaude utilisé en process industriel.

Problèmes
chaudière 1 raccord
défectueux
Fonctionnement
nominal !



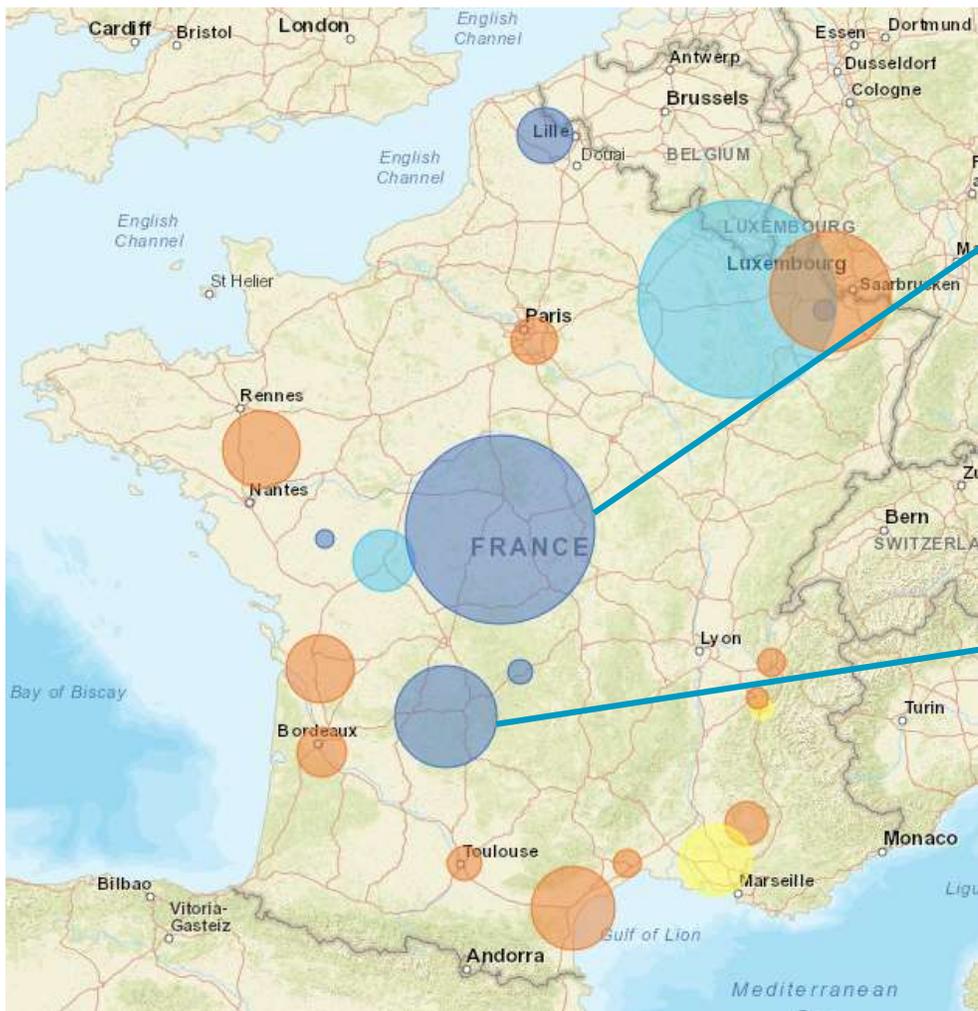
Production solaire qui revient à son niveau normal
après détection puis réparation

(> 36% à la référence en septembre 2017)

Quels outils ?

Grandes installations solaires thermiques en France

maggisol.ines-solaire.org



Malterie de Boortmalt

Surface capteurs : 14 250 m²

Volume de stockage : 3 000 m³

Production solaire annuelle : 8 000 MWh

Papeterie de Condat

Surface capteurs : 4 212 m²

Volume de stockage : 500 m³

Production solaire annuelle : 3 900 MWh



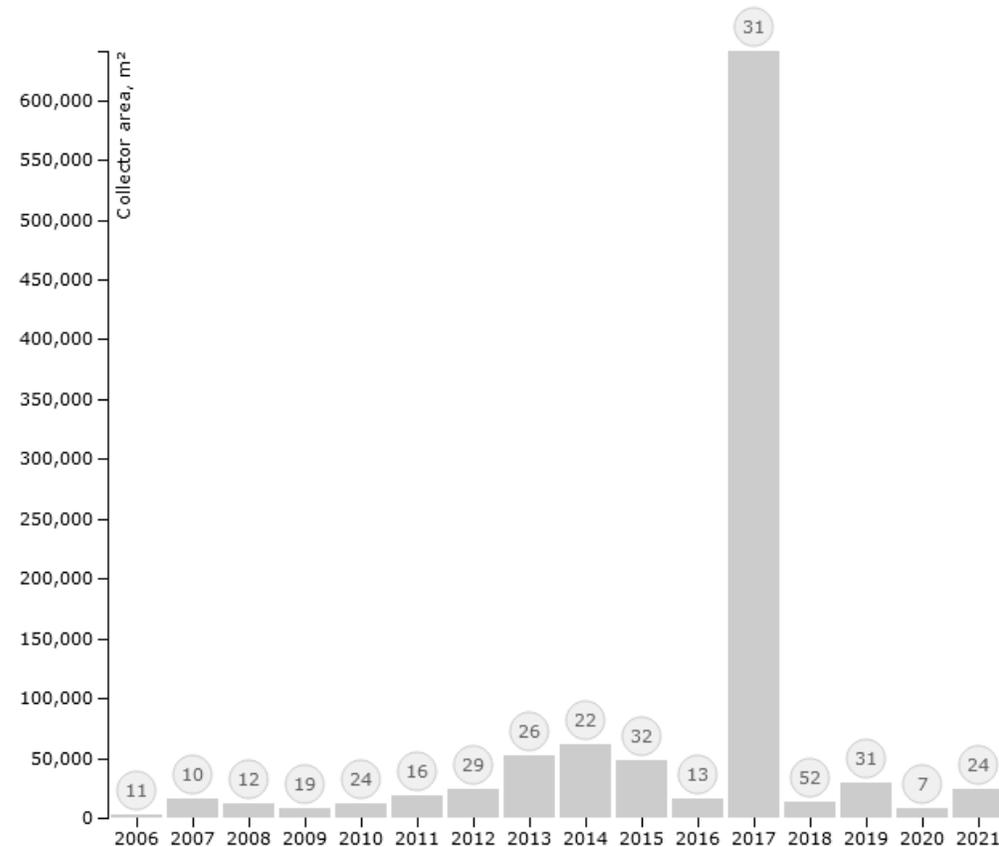
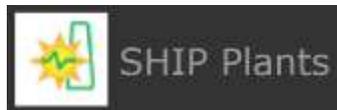
Installations solaires sur industrie dans le monde

Monde fin 2020

→ total de 891 installations, soit 1,13 millions de m²

▶ 311 installations documentées dans la base de données SHIP

(<http://ship-plants.info>)



Nombre d'installations et surfaces de capteurs ajoutées par année dans le monde

(Sources : AEE Intec - <http://ship-plants.info> et IEA - SHC Solar heat worldwide 2018)

► Outils de calcul de la production d'énergie

	SCEncalc (<i>Solar Keymark</i>)	Gain Buddy (<i>SPF</i>)
Résultats	Productions d'énergie annuelle et mensuelles	
Modélisation capteurs	Régimes permanent et quasi-dynamique	Régime permanent
Plage T[°C] capteurs	Fiable pour $T_{\text{fonct}} < 100$ °C	Pas de limite
Suiveurs	Oui, mais orientation axes non-modifiable et précision limitée	Oui, mais 1 axe seulement
Ombres portées	Non	Oui
Pertes fin rangée	Non	Oui
Variation charge	Non (température constante)	

Pour aller plus loin :

Logiciels de simulations dynamiques

- ▶ **T*SOL** : spécialisé dans la simulation de systèmes solaires thermiques des systèmes pour l'eau chaude sanitaire aux installations sur industrie. Modélisation à pas de temps 1 à 3 minutes.
- ▶ **TRNSYS** : outil de simulations de systèmes transitoires avec de nombreuses bibliothèques de composants. Il permet une modélisation complexe d'un système.
- ▶ **POLYSUN** : dimensionnement d'un grand nombre de systèmes (eau chaude à industrie) développé par le centre de test de Rapperswil (Suisse). Logiciel de modélisation à pas de temps horaire. (www.velasolaris.ch)
- ▶ **Greenius** : permet la simulation de multiples systèmes dont les capteurs linéaires de Fresnel. Prend en compte une partie technique et économique.

Matrice d'aide : <http://wiki.zero-emissions.at>

EFFICIENCY FINDER

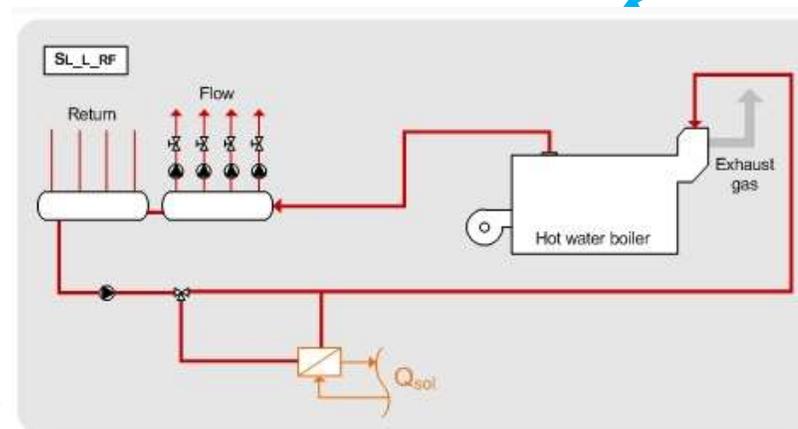
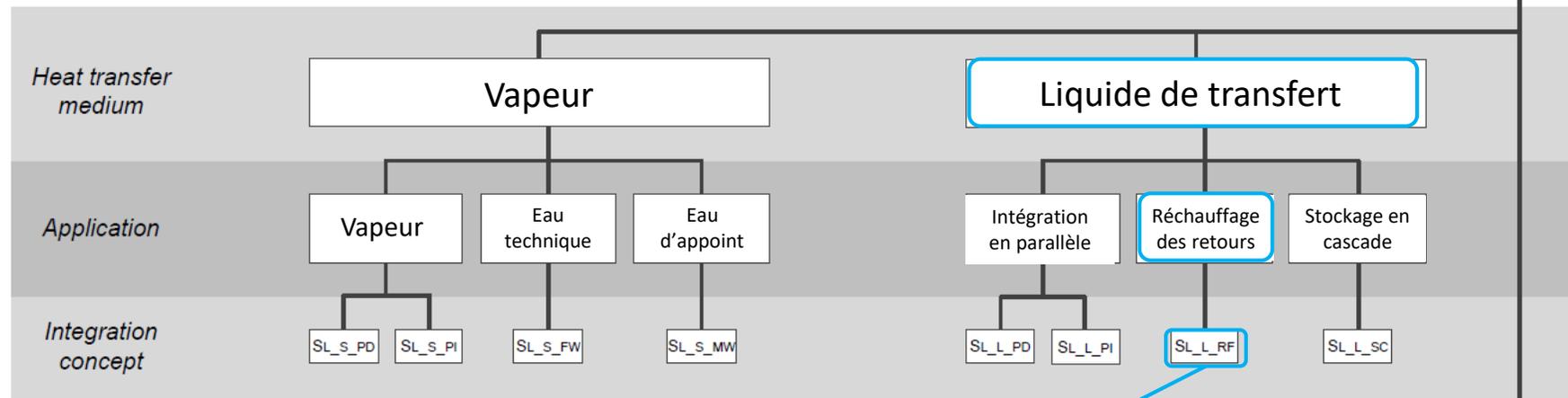
		technologies		industry sectors						
		solar integration schemas	heat pump integration schemas	Subsection DC automotive	Subsection DG chemicals	Subsection DA food	Subsection DC leather	Subsection DJ metals	Subsection DC paper	Subsection DB textiles
		INFO	INFO	INFO	INFO	INFO	INFO	INFO	INFO	INFO
CP, EE, RE, PI					x	x	x	x	x	x
UNIT OPERATIONS	CLEANING	info	info	x	x	x	x	x	x	x
	CASTING	info	info	x				x		
	PRESSING	info	info						x	
	DRYING	info	info	x		x	x	x	x	x
	EVAPORATION AND DISTILLATION	info	info			x				
	BLANCHING	info	info			x				
	PASTEURIZATION	info	info			x				
	STERILIZATION	info	info			x				
	COOKING	info	info			x				x
	OTHER PROCESS HEATING	info	info	x	x	x		x	x	x
	GENERAL PROCESS HEATING	info	info			x				
	HEATING OF PRODUCTION HALLS	info	info			x				
	COOLING OF PRODUCTION HALLS		info			x				
	COOLING PROCESSES		info	x	x	x		x		
	MELTING	info	info			x				
	EXTRACTION				x	x				
	SIZING								x	
BLEACHING			x		x	x	x		x	
PAINTING			x			x		x	x	
SURFACE TREATMENT	info	info	x			x	x			
LAMINATION			x				x			

Exemple de l'utilisation de la matrice

technologies	
solar integration schemas	heat pump integration schemas
INFO	INFO

SUPPLY LEVEL

Intégration de la chaleur solaire au niveau de l'approvisionnement



SL_L_RF –solar return flow boost
 The serial integration of solar heat is similar to integration concept SL_L_PI, with the difference that the return is preheated. Therefore, no fixed set temperature has to be supplied by the solar heating system. Return line heating might not be desired by the industrial plant operator if the efficiency of the conventional heating system is affected in a negative way (e.g. condensing boiler, CHP or district heating).

(Source : IEA SHC Task 49 / IV)

▶ TH@3 – Solaire thermique dans l'industrie – E-learning

- ▶ Acquérir une vision globale de l'utilisation de la chaleur solaire dans l'industrie
- ▶ Bureaux d'études, ingénieurs conseils, exploitants

▶ TH3 – Grandes installations solaires thermiques, Réseaux de chaleur et process

- ▶ Connaître les règles de conception et de dimensionnement des grands champs solaires
- ▶ Bureaux d'études, ingénieurs conseils, exploitants

N'hésitez pas à me contacter !

Julie RUDY

04 79 26 55 95

julie.rudy@ines-solaire.org



➤ **3- REX de projets industriels
de taille moyenne**

Retours d'expérience – capteurs plans



Retours d'expérience

Charcuterie Serres à Alban (81)

- ✓ 18% d'économies sur les consommations électriques + gaz
- ✓ 76 m² de capteurs plans
- ✓ Préchauffage ECS, appoint jusqu'à 70°C



TÉMOIGNAGE
VIDÉO SOCOL !



Retours d'expérience

Lys Services à Merville (59)

- ✓ 1270 m² de capteurs plans
- ✓ Stockage solaire 40 000 litres
- ✓ 120 tonnes de CO₂ évitées par an
- ✓ 20 000€ d'économies de gaz par an



TÉMOIGNAGE
VIDÉO ADEME !



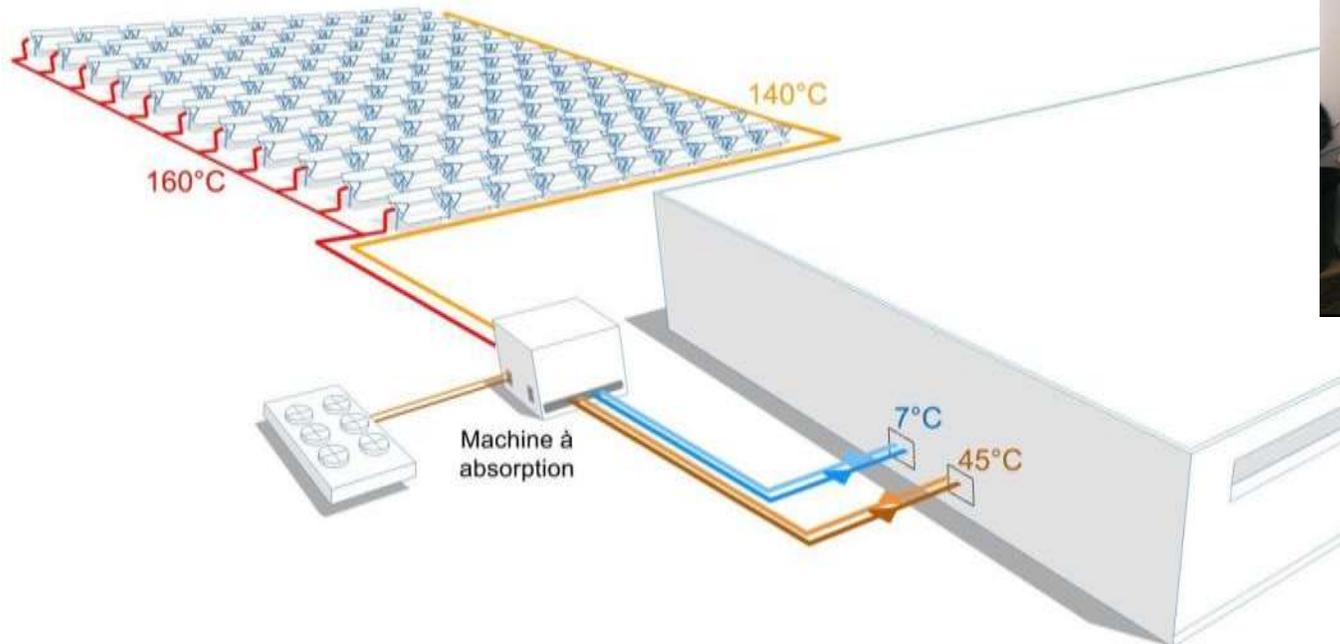
Solaire thermique concentré pour la décarbonation des utilités

- Présentation Helioclim
- Capteurs Heliolight 4800
- Description du projet
- Enjeux du projet
- Implantation
- Principe
- Solaire concentré ou capteur plans?

Présentation de la société Helioclim



- Industriel Français fabricant et installateurs de solutions thermiques décarbonées
- Entreprise créé en 2011 et basée à Cannes. Effectifs : 30 personnes
- Combinaison de plusieurs briques technologiques pour couvrir une large part des besoins en chaud et froid



Capteurs Heliolight 4800



- Capteurs à concentration (facteur 50)
- Absorbeurs à tubes sous vide
- Surface en verre : durabilité, réflectivité maximale
- Poids limité pour installation en toiture ou au sol
- Smart Tracking : puissance pilotable, position de sécurité, aucune surchauffe possible
- Chaleur jusqu'à 180°C



Site du projet

- Site industriel pharmaceutique d'une surface au sol de 11000m² situé en Eure et Loire

Objectif

- Réduction de l'empreinte du site : consommation d'énergie / émissions CO2

Principe

- Valorisation de la chaleur fatale issues des équipements du site
- Installation d'un champ de capteurs solaires à concentration pour production ECT à haute température
- Installation d'une machine à absorption alimentée par le champ de capteur pour production de froid solaire

Une **économie annuelle** globale attendue à **partir de 2024** équivalente à **20%** des consommations de gaz et **10%** des consommations d'électricité du site réparties comme suit :

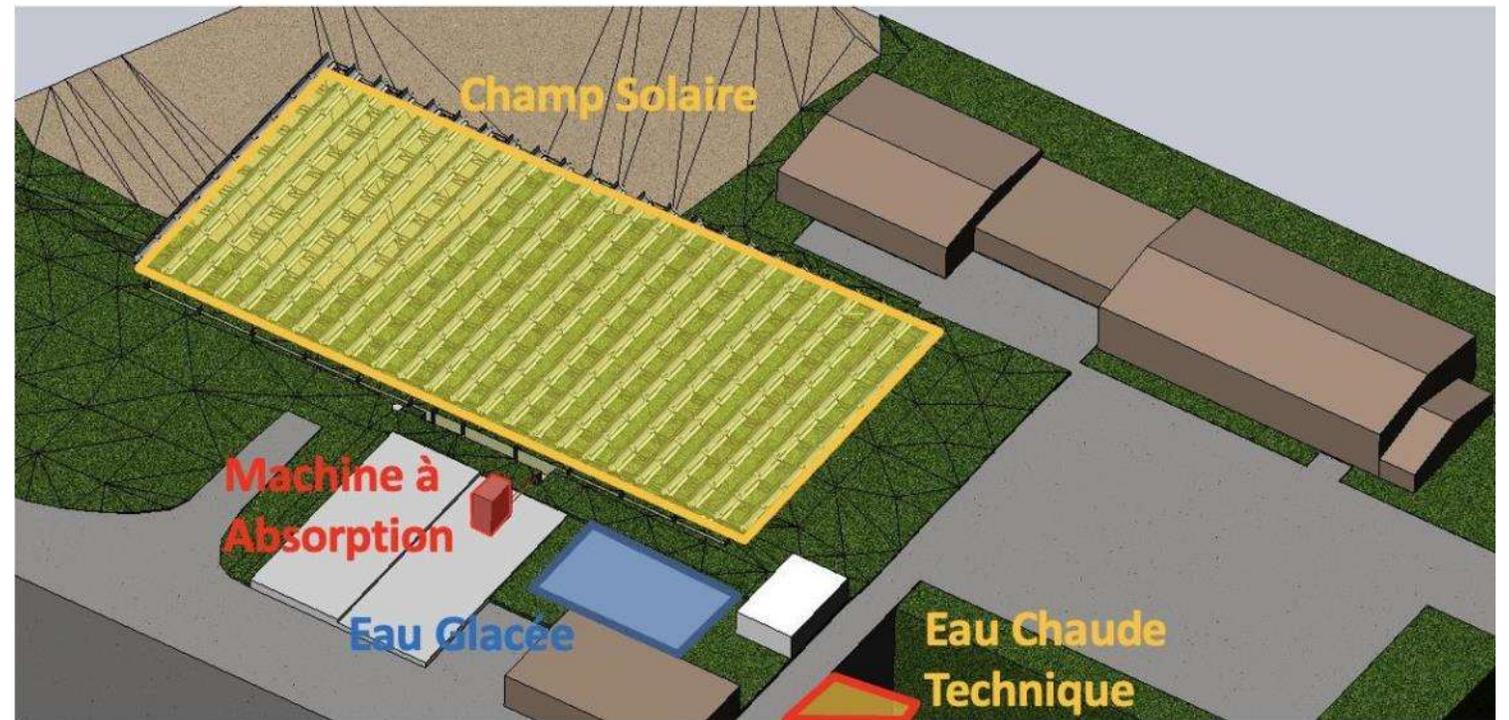
- Gaz : 1,82GWh annuels économisés sur le gaz soit 40% des consommations pour l'eau chaude et 20% des consommations totales du site.
- Electricité : 130MWh annuels économisés sur l'électricité soit 10% des consommations froid du site.

Potentiel de décarbonation important du projet, il s'agit ici de réduire de pratiquement 1/5 les émissions de CO2 relatives à l'usage du gaz soit 413 tCO2 évités (227gCO2/kWh) par an.



Nature : Industrie Pharmaceutique
Emplacement : Eure-et-Loir
Fonctionnement : 3x8
Régime chaud : 90/70
Régime froid : 7/12





Quelques visuels : vue aérienne et latérale

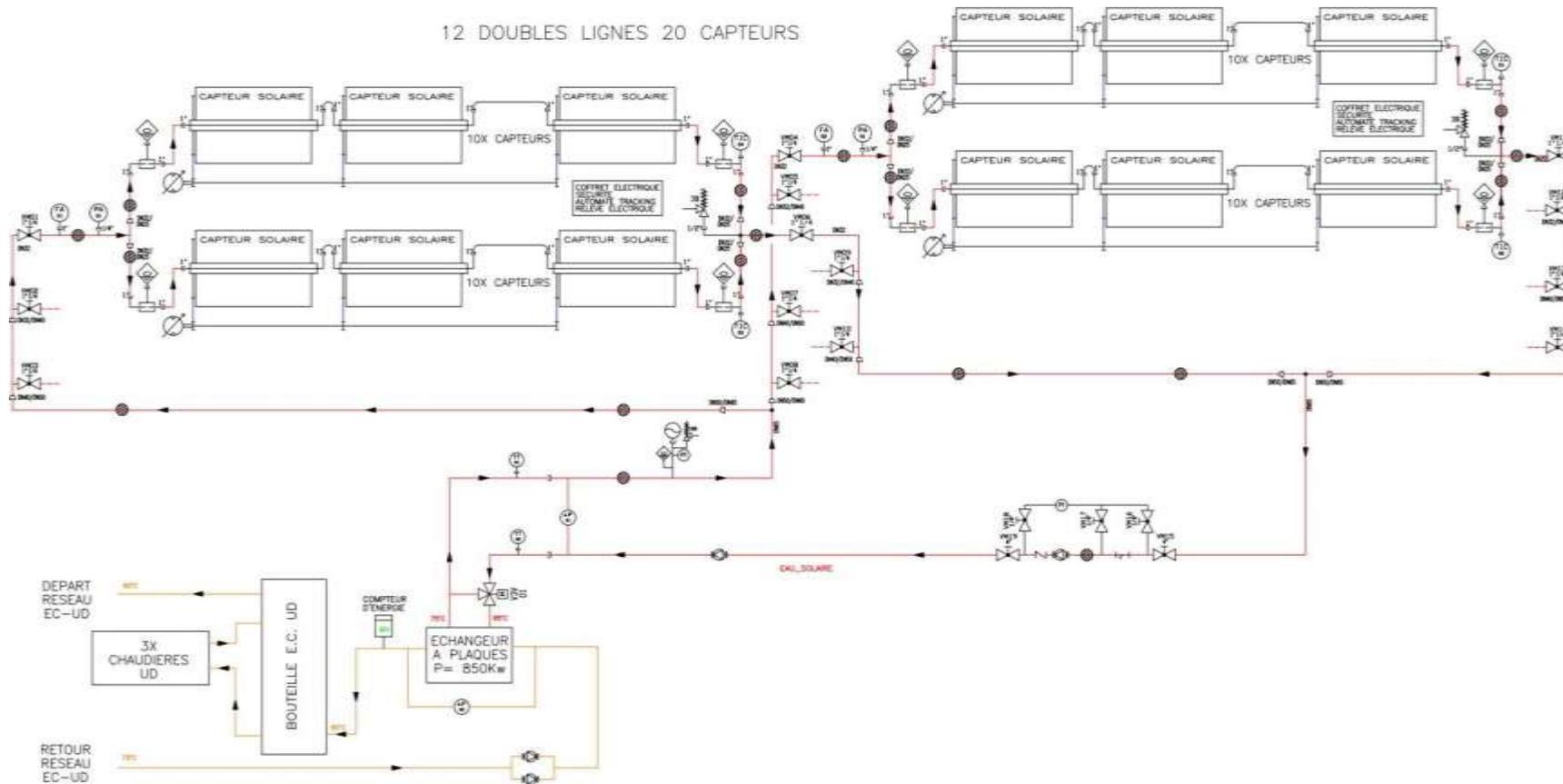


Quelques visuels : depuis le toit du bâtiment



Quelques visuels : depuis le toit du bâtiment





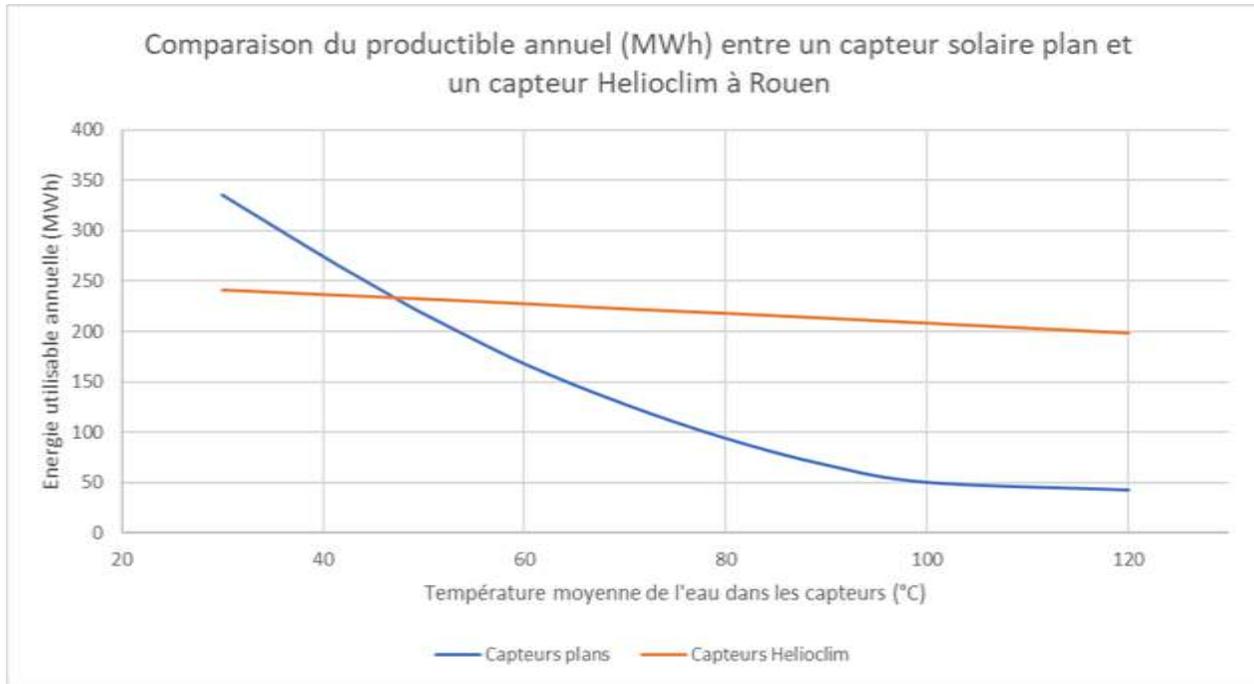
Logique fonctionnelle :

- Le champ fonctionne toute l'année dès ensoleillement supérieur à $300\text{W}/\text{m}^2$
- Boucle solaire en circuit fermé jusqu'à atteindre une température supérieure à celle du retour d'eau du circuit client
- Capteur automatiquement dépointés si retour client $> 90^\circ\text{C}$
- Capteurs automatiquement dépointés si boucle primaire $> 110^\circ\text{C}$

Capteurs plans ou Capteur à concentration ?



Comparaison du productible entre un capteur plan VITOSOL 100-FM, incliné de façon optimale, et un capteur à concentration Heliolight 4800



		Rouen	Reims	Avignon (Apt)
Inclinaison optimale	°	40	45	42,5
Orientation par rapport au sud	°	0	0	0
Surface de panneaux	m ²	561,6	561,6	561,6
Rayonnement incident total annuel panneau plan	kWh/m ²	1018	1130,2	1652
Part du rayonnement direct panneau plan	%	56	60	73
Part du rayonnement diffus direct panneau plan	%	44	40	27
Rayonnement incident total annuel helioclim (DNI uniquement)	kWh/m ²	652	777	1387
Température de basculement (T° moyenne dans les capteurs)	°C	47	46	42

Sur un site où le DNI est peu favorable, les capteurs plans sont capables de valoriser de façon avantageuse le diffus si la température souhaitée est en deçà de 47°C (à Rouen), et 42°C (à Apt).

Dès que les besoins en chaleur deviennent supérieurs, les capteurs à concentration montrent un très large avantage.

Au-delà de 70 °C , ce qui est les cas sur le projet considéré, l'énergie utilisable produite par les capteurs à concentration est plus de deux fois supérieure à celle des capteurs plans.



Yann VITUPIER

Directeur Développement Technique

Tel: 06-09-73-38-84

Email: yann.vitupier@helioclim.fr

Helioclim SAS, Allée François Coli, Bât. 2
06210 Mandelieu La Napoule



Le Solaire Thermique à Concentration

Une solution chaleur décarbonée
moyenne et haute température
pour process industriels



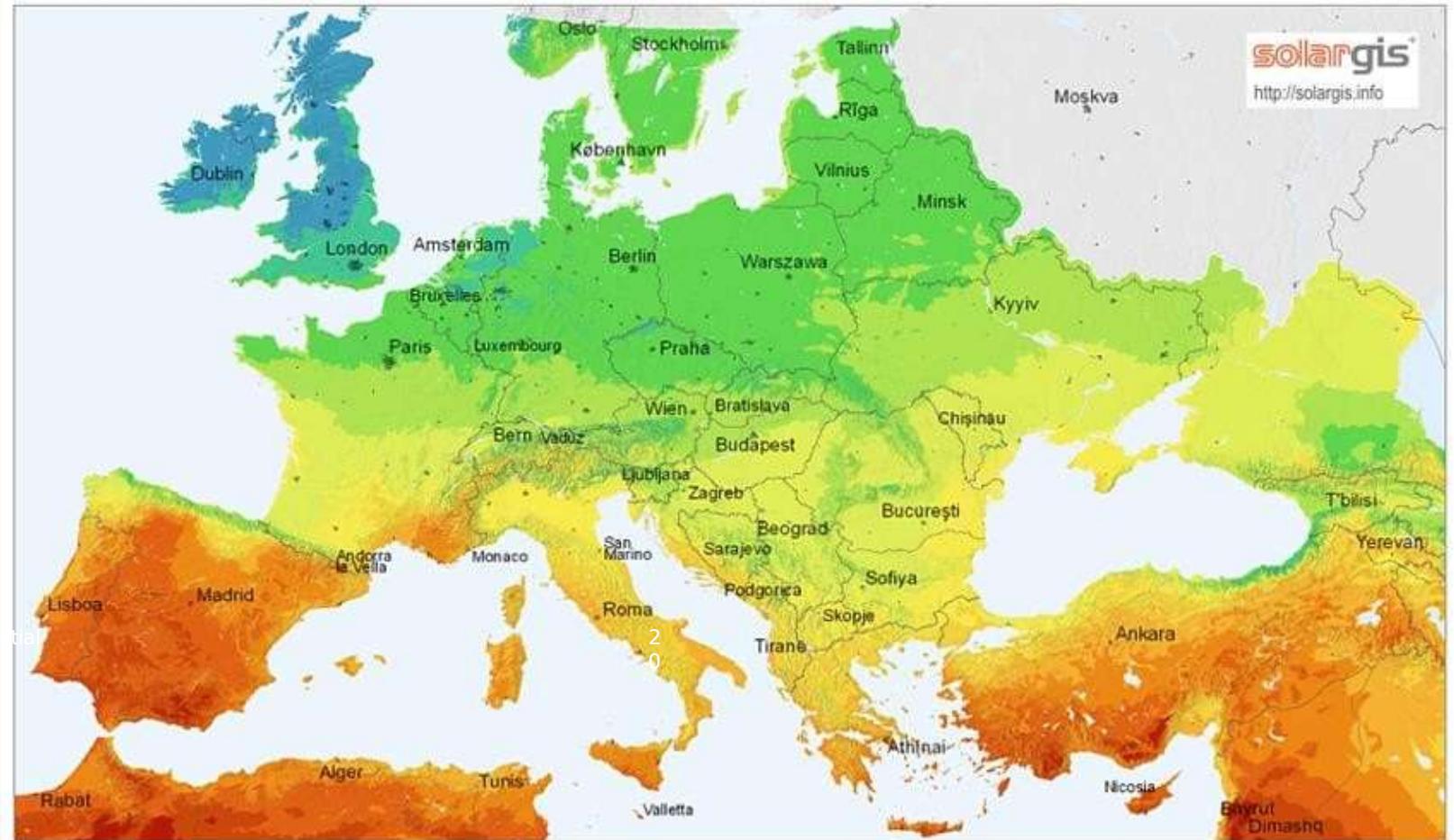
❖ **ADPO**
(Port d'Anvers, Belgique)

❖ **HEINEKEN**
(Séville, Espagne)

- Le DNI mesure l'irradiation locale annuelle
- Le DNI est exprimé en $\text{kWh/m}^2.\text{an}$
- Le DNI en Europe varie de 700 au Nord à 2000 au Sud

Direct Normal Irradiation

Europe



Average annual sum (4/2004 - 3/2010)

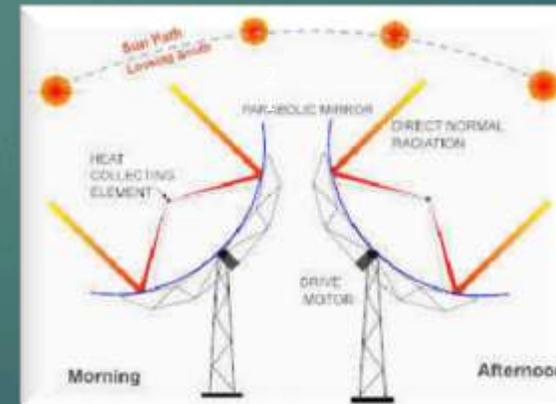
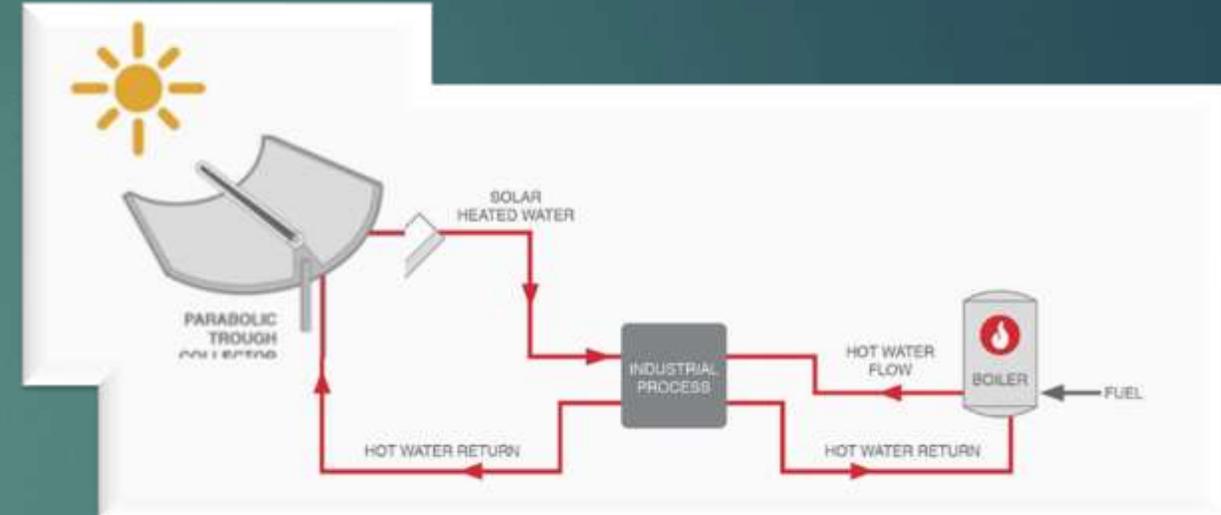


LE SOLAIRE THERMIQUE A CONCENTRATION (CST)

- ❖ Les miroirs cylindro-paraboliques concentrent 80 fois les rayons solaires
 - Rendement thermique > 60%
 - Puissance thermique > 500Wth/M²
- 3 à 4 fois plus d'énergie que le PV par M²

Les critères déterminants:

- La localisation,
- Le foncier disponible,
- Le profil de consommation,
- Le stockage thermique éventuel



IMPACT : un grand pas vers la décarbonation de l'industrie



- ❖ Sur un terrain de 5000M², une centrale de 2500M² de miroirs c'est:
 - 1,25MWth minimum
 - 1 à 2 GWhth/an (du Nord au Sud)
 - 200 à 400 tonnes de CO² évitées/an
 - Une économie immédiate vs les coûts énergie actuels et à venir
 - Un prix fixe pour 20 ans et plus

Une intégration transparente



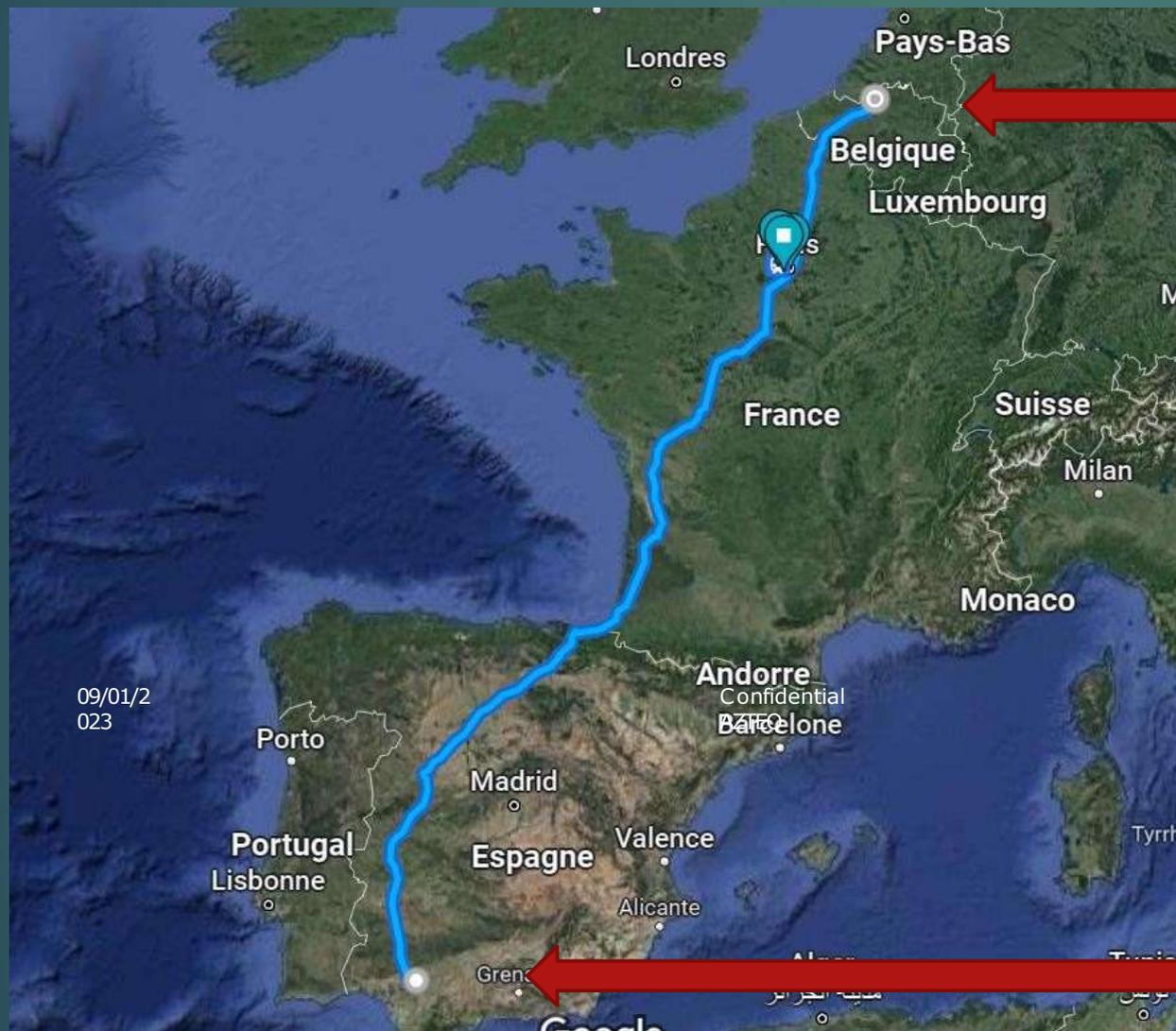
09/01/2
025

Confidential
AZTEQ

2
2

- **Selon les cas, 15 à 30% de réduction de votre consommation de gaz**
- **Jusqu'à 50%et plus avec un stockage thermique**
- **Etude de faisabilité en 48H**

2 CAS PRATIQUES EXTREMES DISTANTS DE 2000KM



ADPO Anvers

- Site Seveso
- Voie ferrée
- 0,25Ha
- DNI 920



Heineken Séville

- Terrain plat et libre
- 8Ha
- DNI 2000



- **ADPO Anvers**
- **Un projet pilote à faible ensoleillement**

09/01/2
023

Confidential
AZTEQ



2
4

LE PROJET



► Un terrain de 2500M² , avec des complications:

- Site « Seveso »
- Une ligne de fret chimique
- Un parking voitures et camions
- Une ligne haute tension Elia110KV
- Un gazoduc

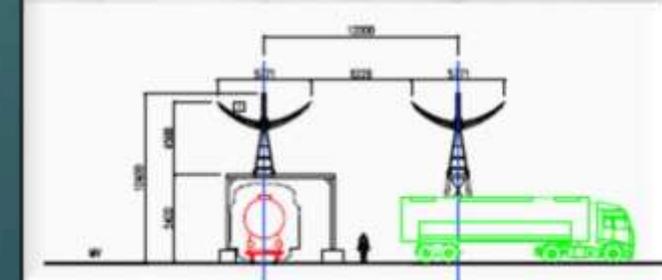
► DNI (ensoleillement local) = 920KWh/M²/an

► Une consommation gaz importante

► 5 GWhth/an

- Besoin de vapeur 140°C à 4 Bar 24H/24

► Un cas idéal pour valider le potentiel énergétique de la solution y compris dans une région peu ensoleillée, et la capacité d'adaptation à un site complexe



09/01/2023

Confidential
AZTEQ

2
5

RESULTAT

CONSTRUCTION

- ▶ 1108M² d'ouverture sur deux collecteurs de 8 miroirs chacun construits à 6 mètres de hauteur
- ▶ Un circuit primaire d'huile thermique à 300°C connecté via un échangeur de chaleur au réseau ADPO

PRODUCTIBLE (Résultats validés par DLR, Institut de Recherche Aéronautique Allemand)

- ▶ Mesures effectuées de Juillet 2020 à Juin 2021 conformes aux prévisions et calculs préliminaires
- ▶ DNI mesuré 917 KWh/M².an vs 920 prévu
- ▶ Energie annuelle 500 MWhth (hors arrêts techniques)
- ▶ Soit un potentiel de 450KWhth/M².an

09/01/2
023

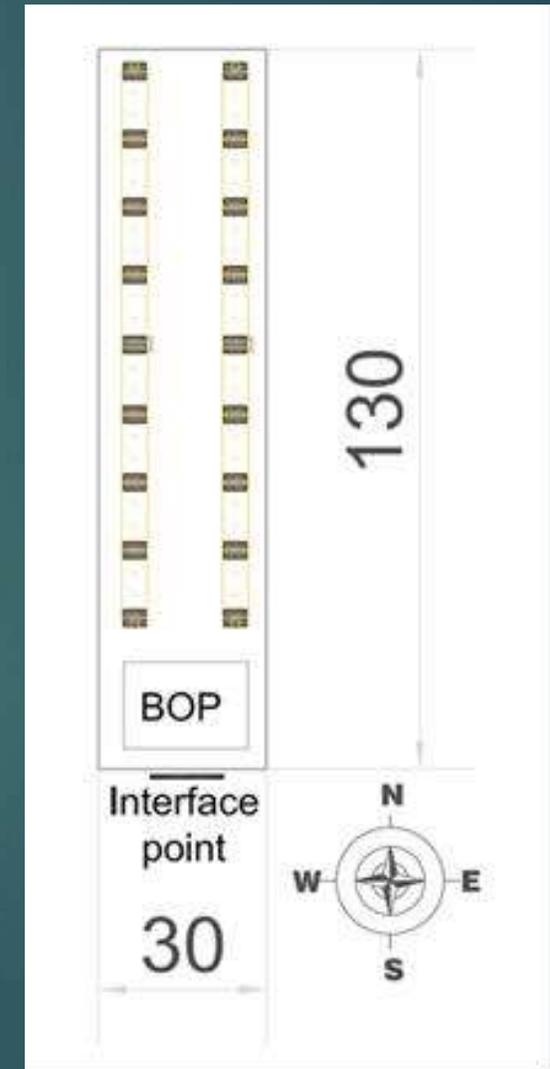
Confidential
AZTEQ

2
6

PRIX INDICATIF (pour information, variable selon le profil de consommation et la dimension de l'installation)

- ▶ Si option capex (EPC) : 350-400€/M²
- ▶ Si option contrat chaleur : 40-60€/MWhth
- ▶ Surcoûts d'installation et stockage thermique à déterminer

} Avant subventions



[about us](#)[services](#)[sustainability](#)[jobs](#)[contact us](#)[@ sap login](#)

Solar

Beside 4.000 classic solar photovoltaic solar panels that produce 10% of our yearly electricity consumption ADPO cooperated with Azteq for the construction in a CST (Concentrated Solar Thermal) energy platform. The construction and installation of this CST Platform of 1100 m² of solar water heaters delivers around 500MWh of thermal heat in the form of steam at 10 bar pressure and will continue to do so for the next 20 years, without emissions. We can state that our customer storage tanks and iso tanks are heated with pure and emission free solar energy!



09/01/2023

<https://youtu.be/NO8hywftVrk>



- **HEINEKEN Séville**
- **La future référence européenne et mondiale**

09/01/2
023

Confidential
AZTEQ



LE PROJET



- ❖ Pour accompagner la stratégie ambitieuse de décarbonation de Heineken à Séville, Engie a choisi la solution de solaire thermique à concentration AZTEQ:

Objectifs:

- Consommation de gaz : réduction de 60%
- Emissions de CO₂ : réduction de 7000 tonnes/an
- Une centrale de 40.000M² et 30MWth, produisant plus de 30GWh/an
- Un contrat CPA de 20 ans avec ENGIE
(Corporate Purchase Agreement)



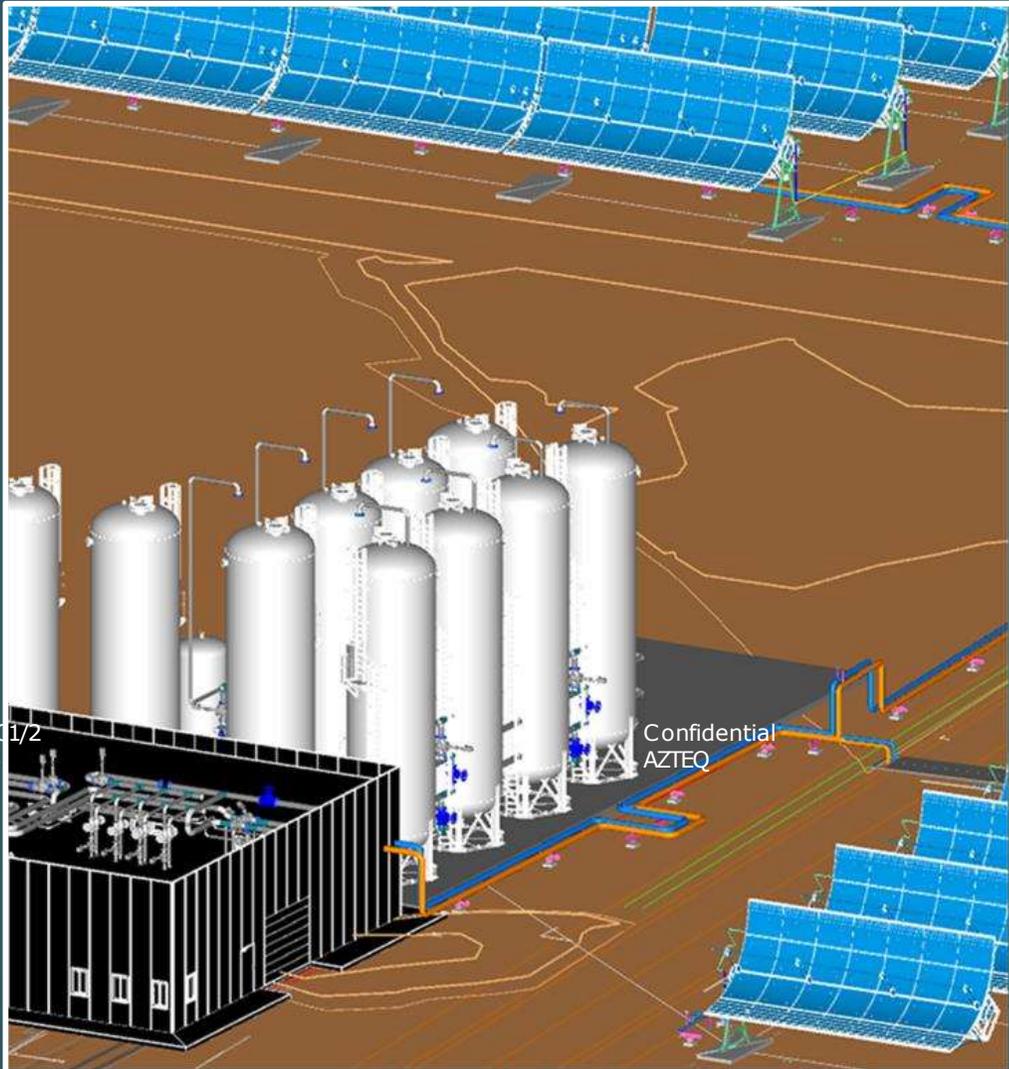
HEINEKEN

CPA



EPC

AZTEQ



Fluide caloporteur/ circuit primaire

- Eau

Entrée du champ solaire

- Température : 120°C
- Pression : 30 bar
- Eau pressurisée sous-refroidie

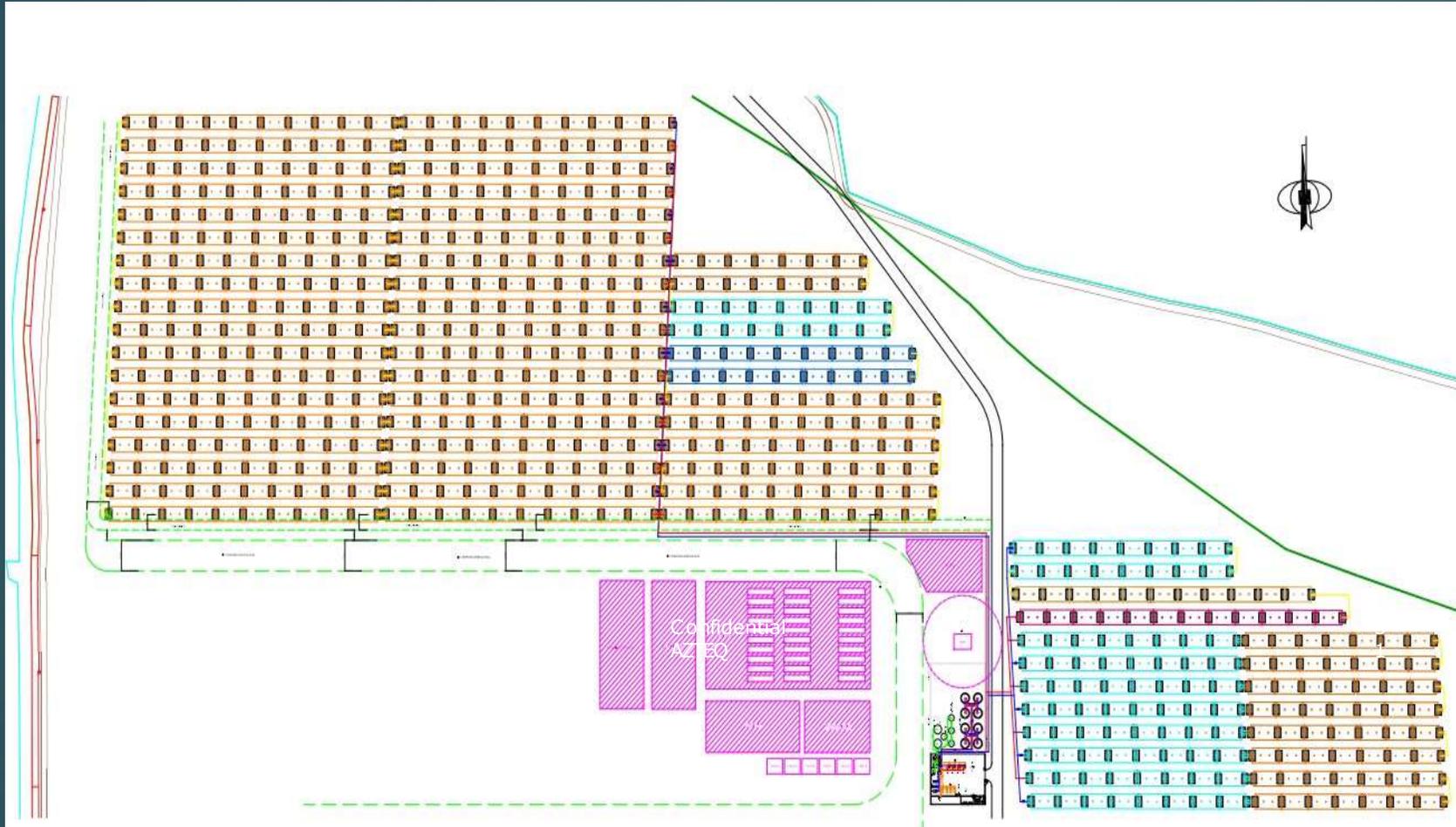
Sortie du champ solaire

- Température : 210°C
- Pression : 23 bar
- Eau pressurisée sous-saturée

Stockage thermique

- 70MWhth

DESCRIPTION DE LA CENTRALE SOLAIRE



- 17 boucles
- 68 collecteurs
- 627 éléments miroirs
- Total 43 414 M²
- Stockage 70 MWhth
- Surface nécessaire < 70 000 m²
- Zone technique (BoP, Stockage, etc.) 2 000 m²
- Surface totale, y compris les routes d'accès 80 000 m²
- Taux d'occupation du sol < 1,85

Centrale solaire
30MWth

Eau surchauffée @ 210 °C

8 réservoirs Thermocline
86MWhth

Circuit retour
@ 120 °C

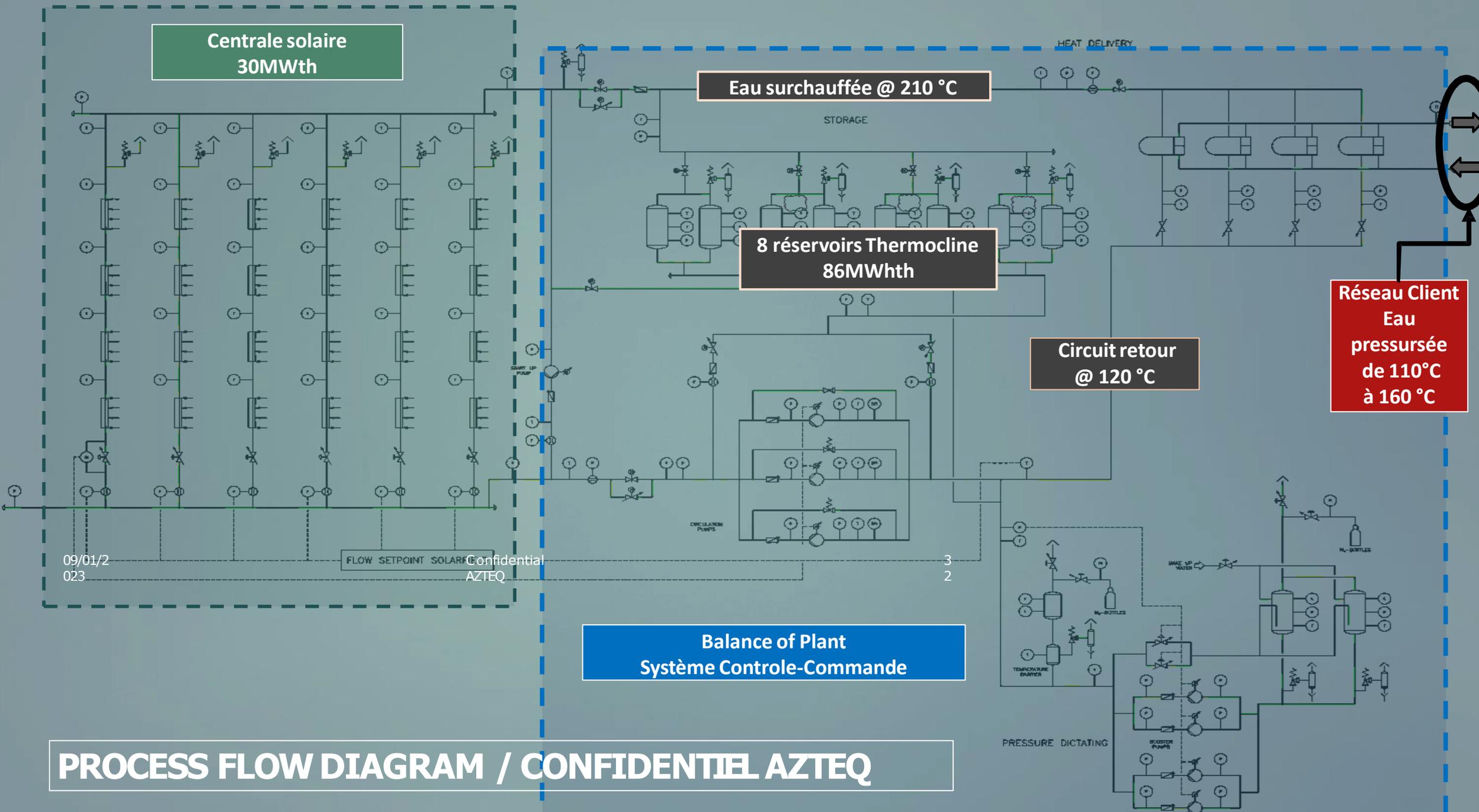
Réseau Client
Eau
pressurisée
de 110°C
à 160 °C

Balance of Plant
Système Contrôle-Commande

09/01/2
023

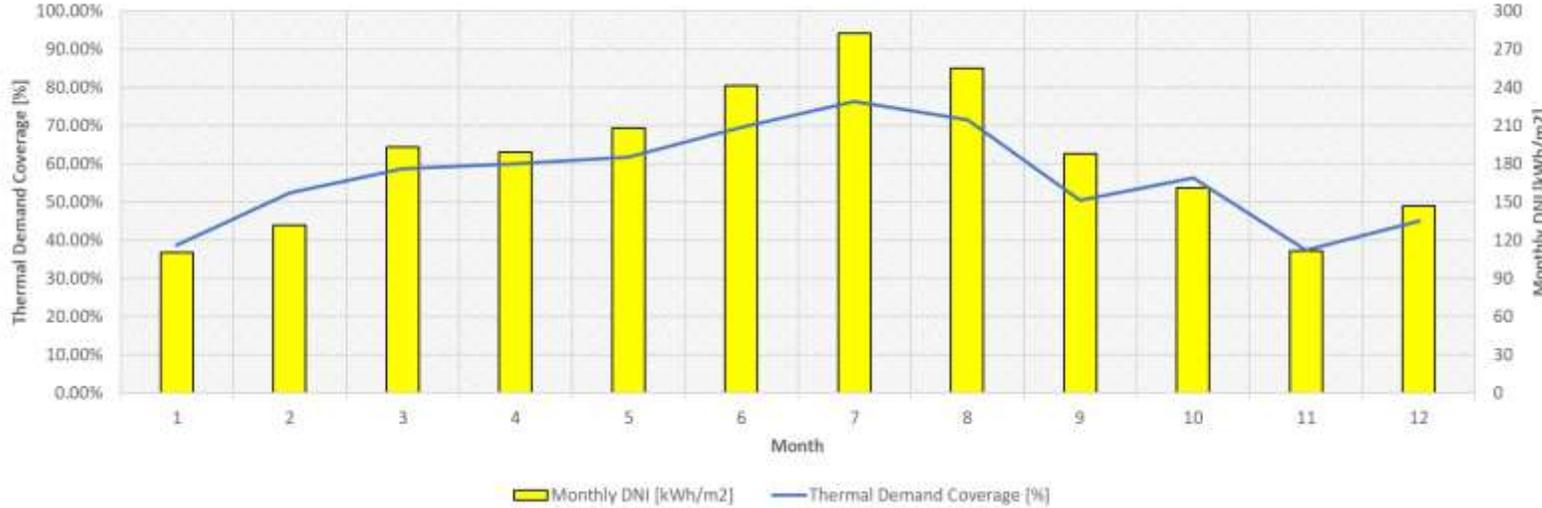
FLOW SETPOINT SOLAR
Confidential
AZTEQ

PROCESS FLOW DIAGRAM / CONFIDENTIAL AZTEQ



TAUX DE COUVERTURE PRODUCTION/CONSOMMATION

Thermal Demand Coverage [%] & Monthly DNI [kWh/m²] per month

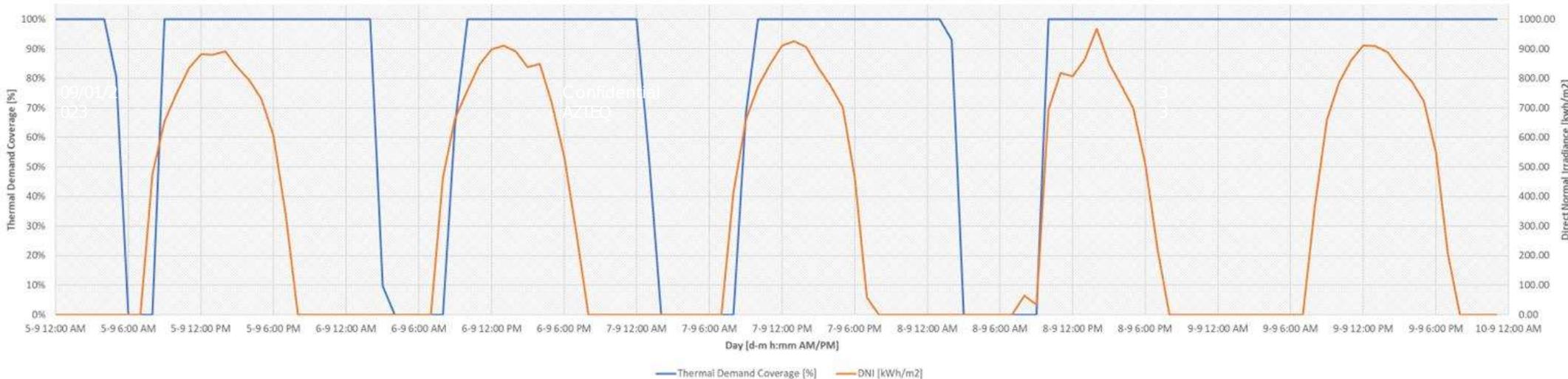


Taux de couverture mensuel



Taux de couverture quotidien

Thermal Demand Coverage [%] & Direct Normal Irradiance [kWh/m²]





PHOTOS JANVIER 2023



09/01/2
023

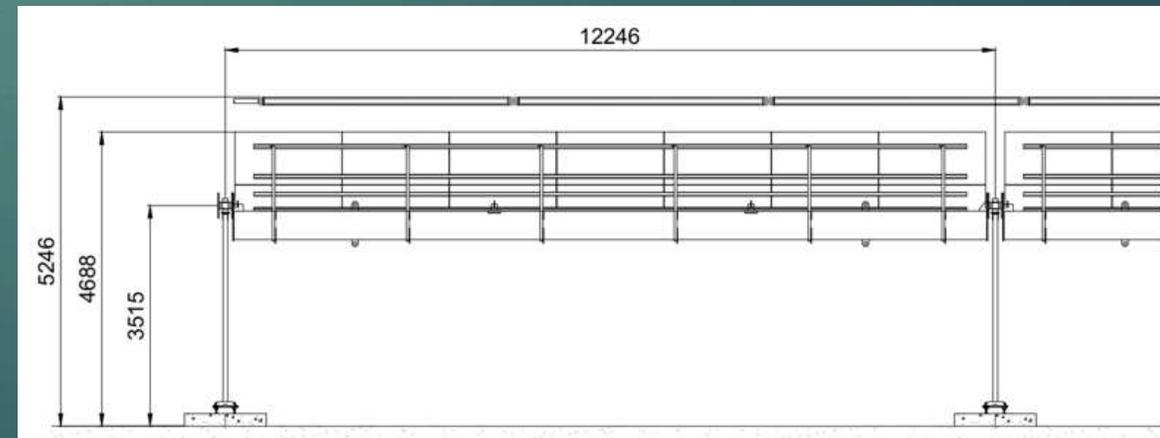
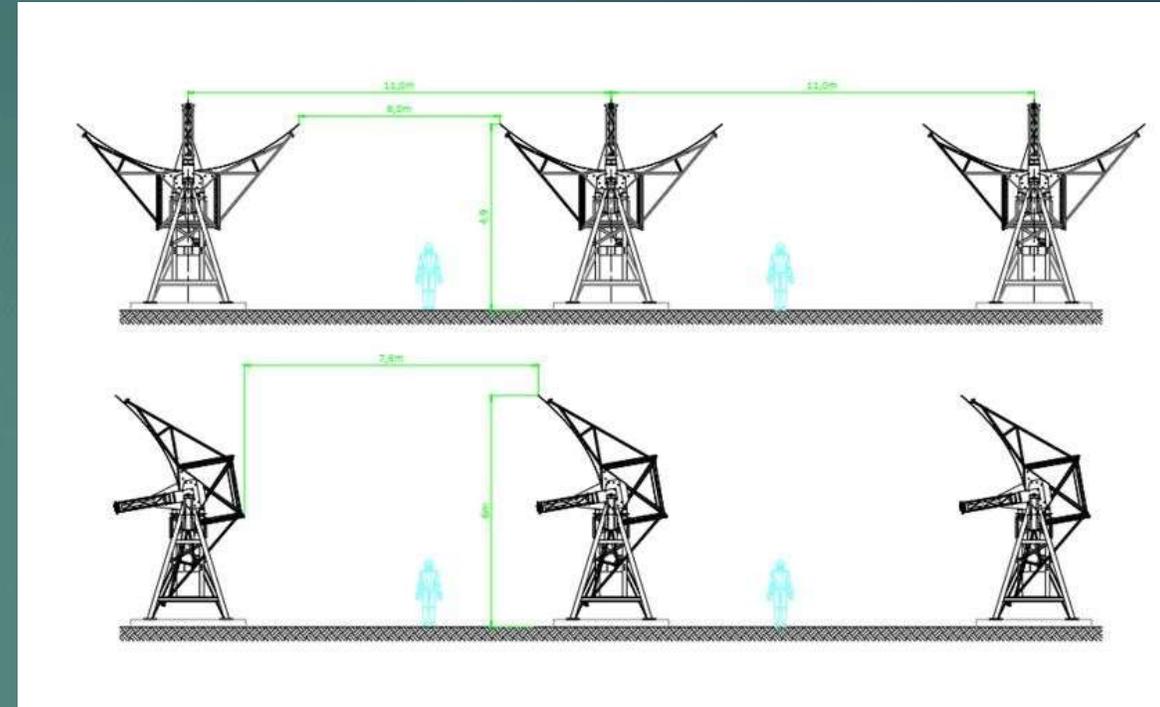
Confidential
AZTEQ

Type 6000

- ▶ Module cylindro-parabolique:
 - ❑ Ouverture 5,77M
 - ❑ Longueur 12 M
- ▶ Collecteur
 - ❑ Longueur jusqu'à 144M (12 modules)
- ▶ Température : jusqu'à 400°, voire plus
- ▶ Longueur optimisée = pertes optimisées
- ▶ Fondations adaptées aux conditions météo locales
- ▶ AZTEQ: la meilleure performance énergétique par M²
 - ❑ Rayons solaires concentrés 80 fois
 - ❑ Efficience >60% (chaleur produite vs rayonnement solaire reçu)

09/01/2
023

Confidential
AZTEQ





Alain Robic

+33 6 82 87 22 58

alain.robic@azteq.eu

Plus d'information:

Internet : <http://azteq.be>

Vidéos:

<https://www.youtube.com/watch?v=P2JJQr9ow1Q>

<https://player.vimeo.com/video/363790892>

- 
- Innovations techniques (présentées sous forme de communiqués de presse)
- Jean-Paul GOURLIA E&E Conseil

Projet TRANSPAC: une pompe à chaleur transcritique (EDF, DALKIA, WEPA Greenfield, Mines Paris Tech)

La problématique du séchage

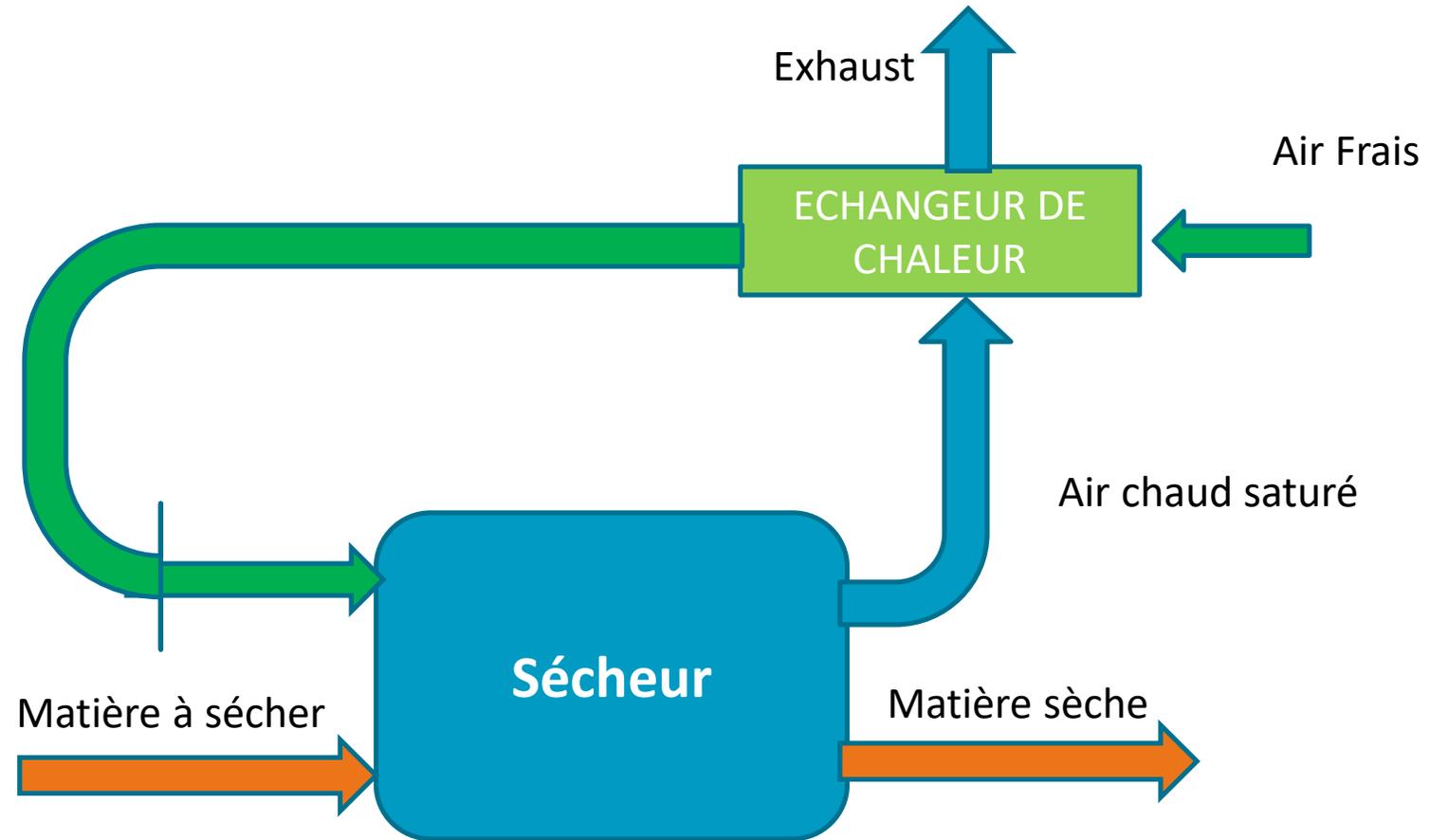
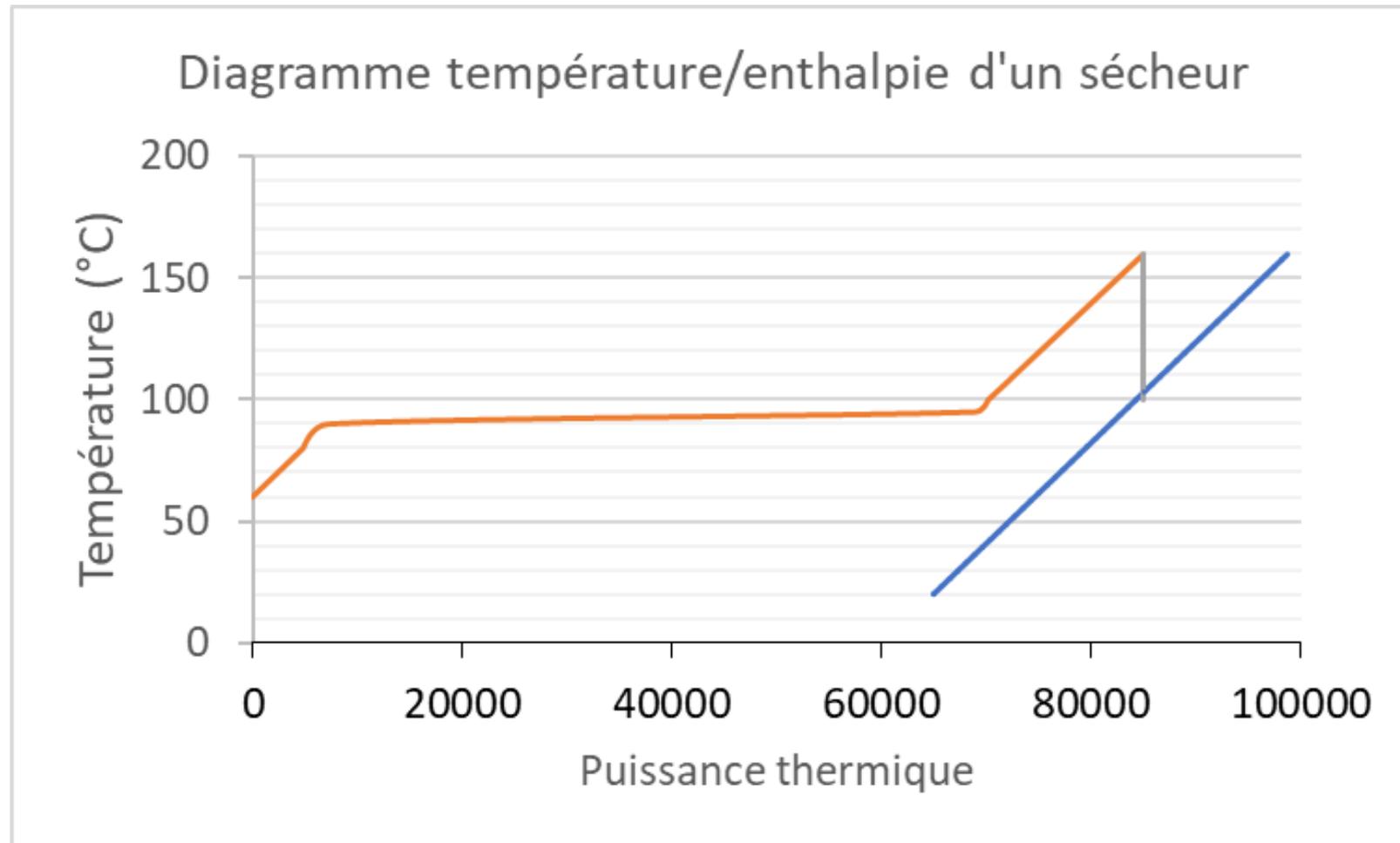


Diagramme température/enthalpie sur d'un séchoir



AJOUT D'UNE POMPE A CHALEUR

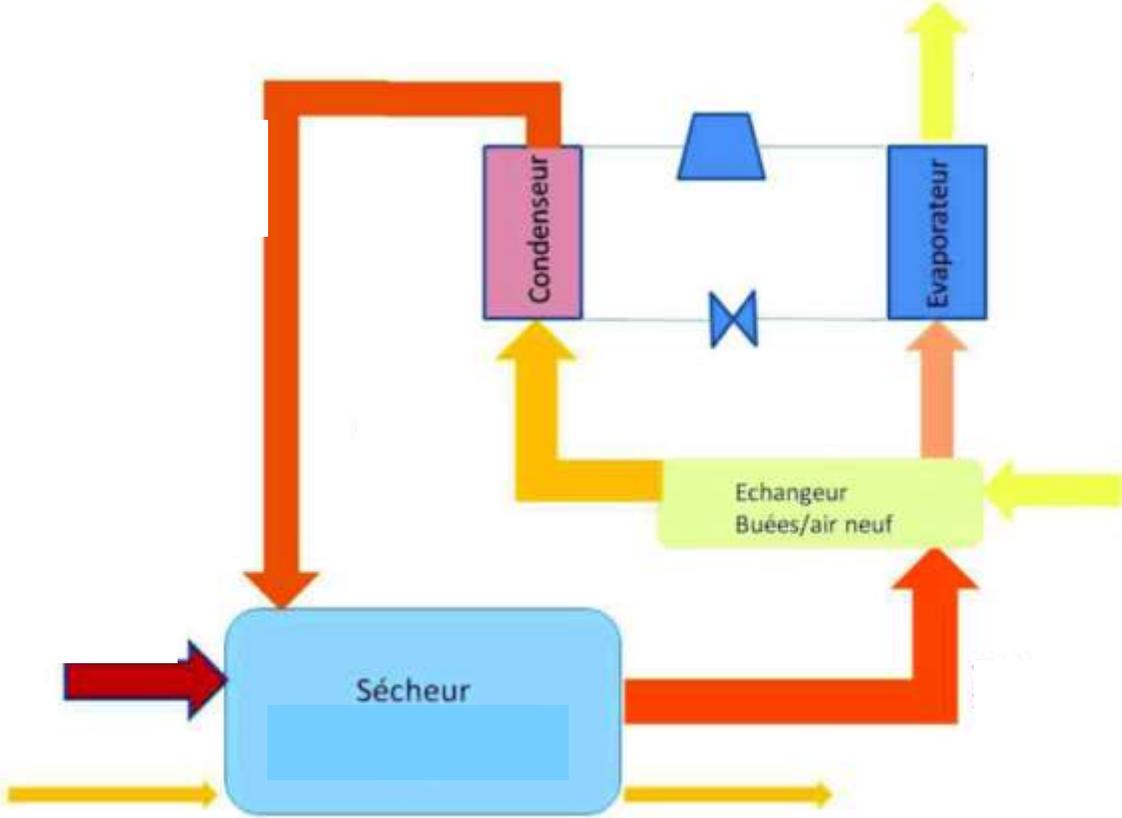
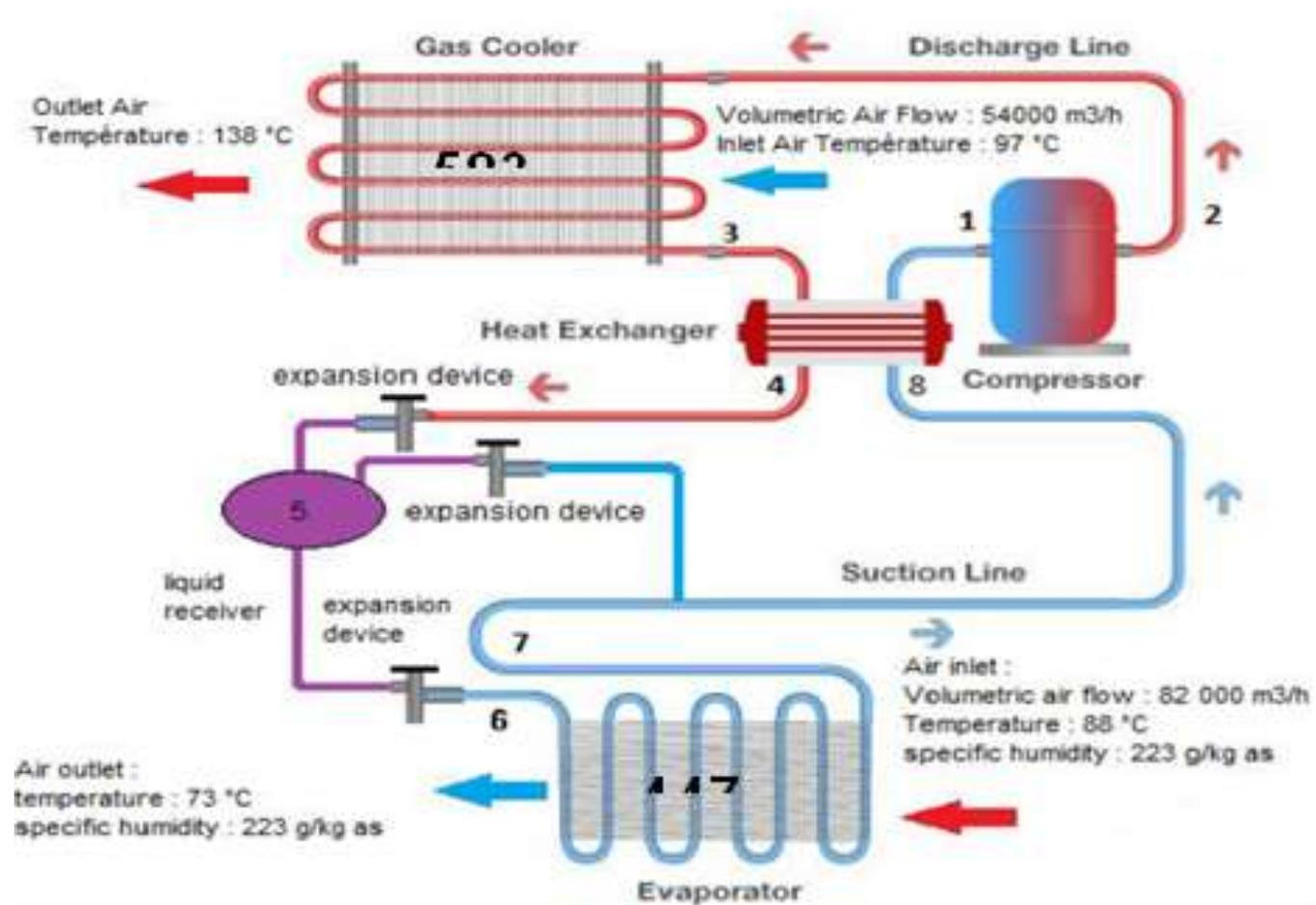
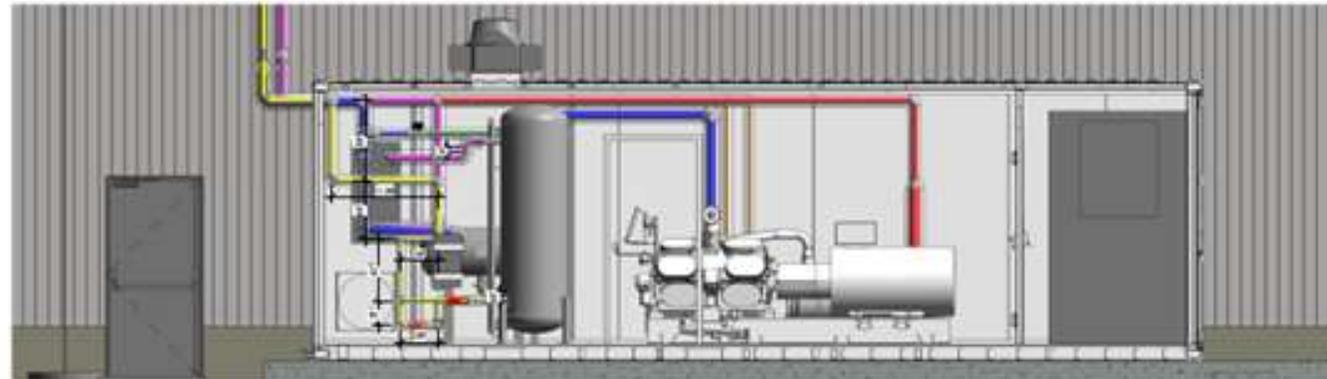


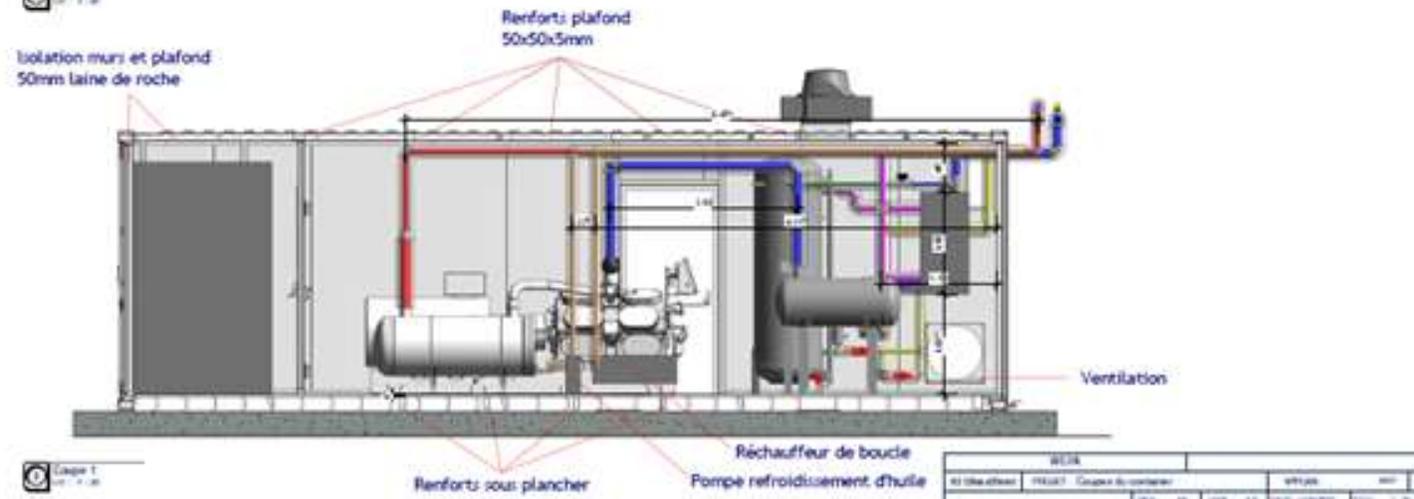
Schéma du démonstrateur WEPA Greenfield (600 kW thermique)



Vue du container



Échelle 3
01/11/16



Échelle 1
01/11/16

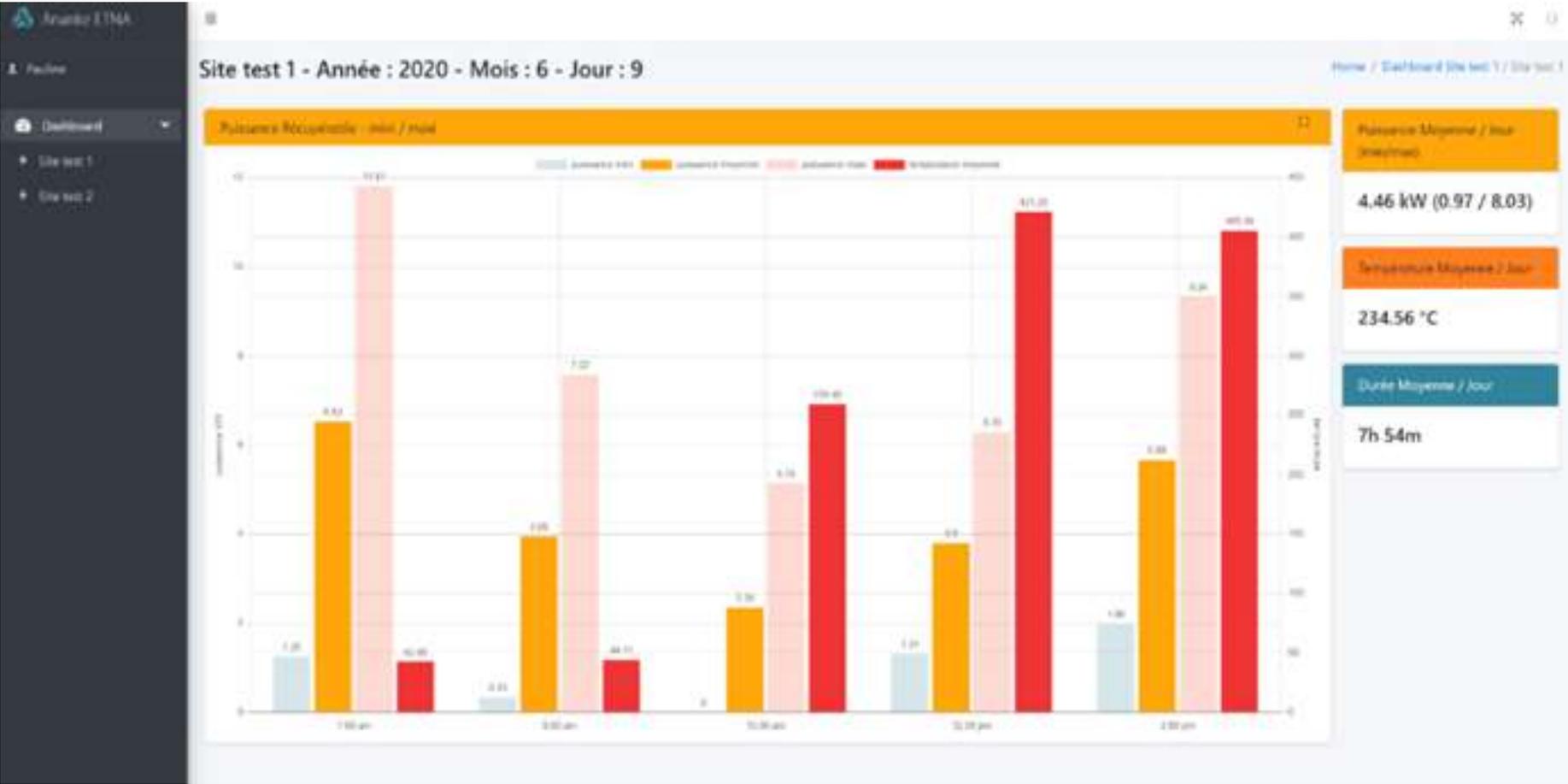
ETNA: un outil pour quantifier les ressources dans les fumées

Fournisseur Ananke

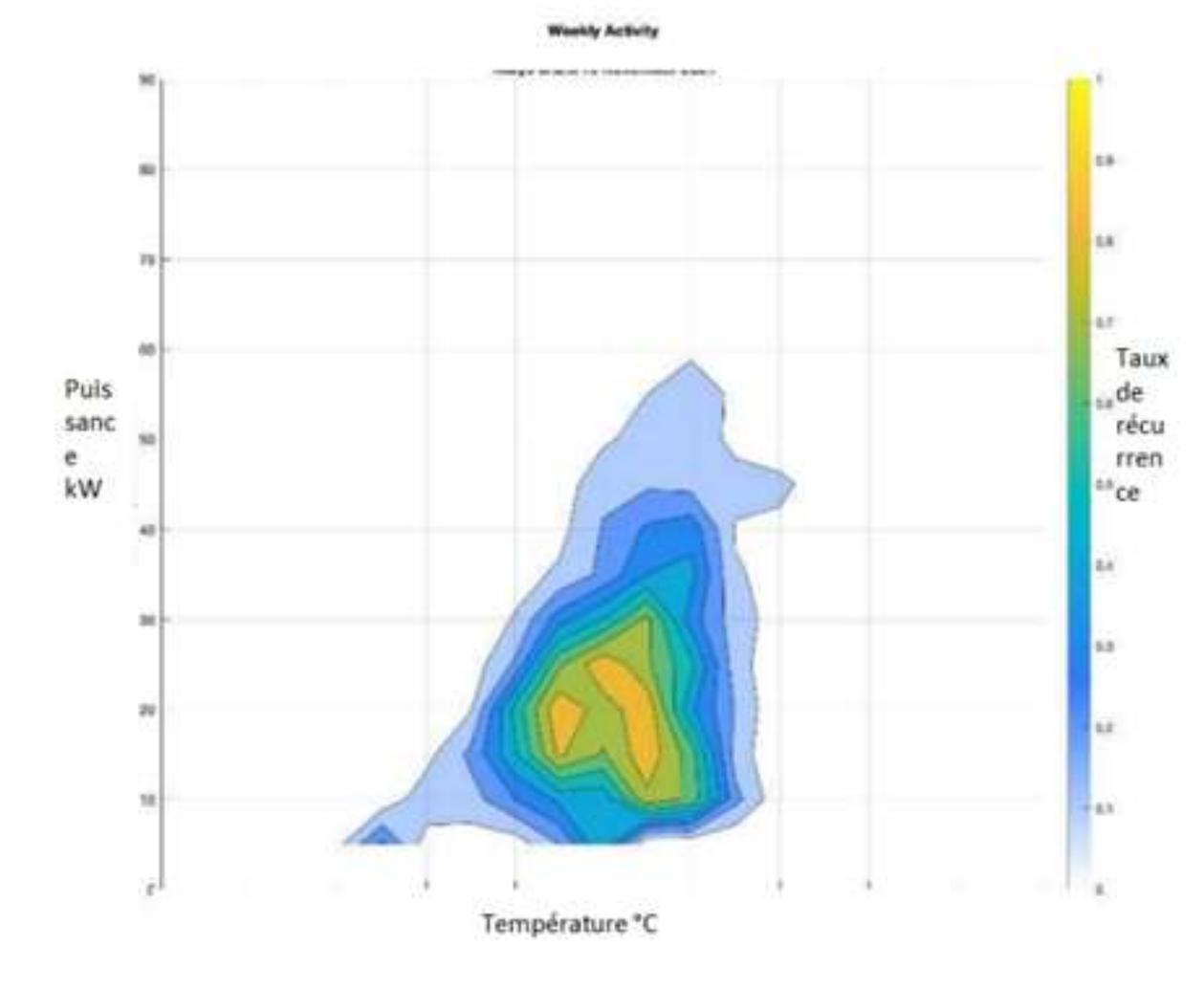
Les objectifs

- quantifier la puissance thermique disponible dans les fumées pour identifier le potentiel de valorisation de chaleur fatale
- analyser la composition chimique des fumées
- monitorer en temps réel les caractéristiques des fumées sans perturber les procédés industriels
- identifier la solution de valorisation de chaleur fatale la plus adaptée

Histogramme des puissances disponibles



Taux de pertinence des mesures



MERCI POUR VOTRE ATTENTION