



Solutions de concentration solaire au service de l'industrie

B.Fiers - IDHELIO

Journées Nationales de l'Energie Solaire
25-27 août 2021 – ODEILLO

- Entreprise fondée en **2008**, initialement hébergée à l'incubateur de l'Ecole des Mines d'Albi-Carmaux.
- **2013**: prototype de concentrateur à Miroirs de Fresnel Linéaires: **24 m²** de miroirs , **0.5 m³** de poreux stockant stratifié. Objectif : **production d'électricité** par couplage ORC.



Production d'air chaud à 200-250°C en toute saison

- **2015**: couplage du prototype avec une cabine de séchage de fruits et légumes



Campagnes de séchage effectuées (pomme, pomme de terre).

- **2016**: IDHELIO est agréé Organisme effectuant de la R&D pour les entreprises (éligible CIR)
- **2018**: Centrale solaire de 200 m² de miroirs chez Fruit-Gourmet.
- **2019**: levée de fonds (500k€) par financement participatif ( **WiSEED**)

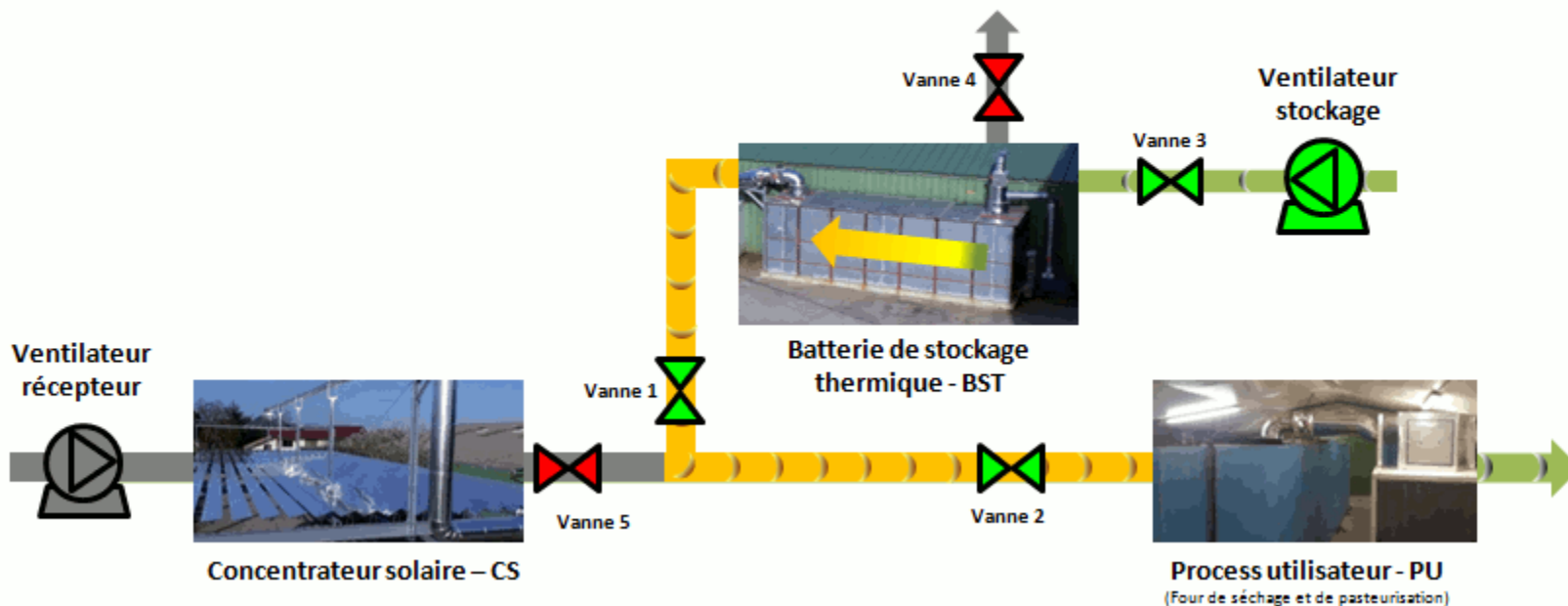
La centrale d'Allemans-du-Dropt



- 200 m² de miroirs en ombrière parking, pour une **production d'air chaud** jusqu'à 250°C. Un effacement partiel du propane du client de 30% est visé.
- 22 m³ de milieu poreux stockant pour gérer l'intermittence solaire ET process.
- Gestion automatisée.
- Transfert de l'exploitation à Fruit-Gourmet en septembre 2018, avec une supervision permanente d'IDHELIO et le déploiement régulier d'améliorations. Mesure de la disponibilité du suivi solaire : **>78% des journées en dispo totale** sur l'année.

Schéma de principe de l'installation

Décharge du stockage



La décharge du stockage et la production directe vers le process client peuvent être simultanés

Le choix des miroirs

- Des centrales sur mesure, dépendantes du site client (ensoleillement local, topographie) et du besoin process.



Orientation, longueur, largeur, hauteur de centrale, nombre de lignes de miroirs, focale des miroirs... variables !!

- Un moteur unique pour entrainer nos 20 lignes de miroir chez Fruit-Gourmet (avec possibilité d'un retournement complet).
- Des problématiques de conception nombreuses et variées :

Choix de la courbure
miroir

Tenue dans le temps
(Vent, corrosion)

Maîtrise des coûts

Système de fixation
(sans soudure, jeux
d'assemblage)

Poids total

Flexion / torsion

Précision du suivi
solaire

Sécurité
(Eblouissement,
points chauds)



On retient une conception de miroir en aluminium sur support courbé

Quelles performances obtenues pour les miroirs ?

- Précision du système de suivi solaire: **très satisfaisant.**
- Efficacité des miroirs : **une insuffisance de puissance collectée.**
 - Quelques hypothèses de conception à reprendre et défauts de réalisation sur la génération 1.
 - Tâche solaire trop large vis-à-vis de la surface réceptrice.
 - Tâche irrégulière sur la journée (flexion miroirs, soleil rasant...).
- Tenue des miroirs dans le temps : **excellente.**
- Propreté des miroirs : **suffisante** (retournement + nettoyage pluie automatisé).

Conclusion : une **seconde génération de miroirs** a été conçue et testée en atelier et en lumière naturelle pour améliorer le rendement optique actuel.



Tâche solaire **2 fois plus concentrée**, rectiligne sur 24m.



Mise en service prévue pour septembre 2021.

Les enjeux du récepteur à air

- Système fonctionnant à l'air

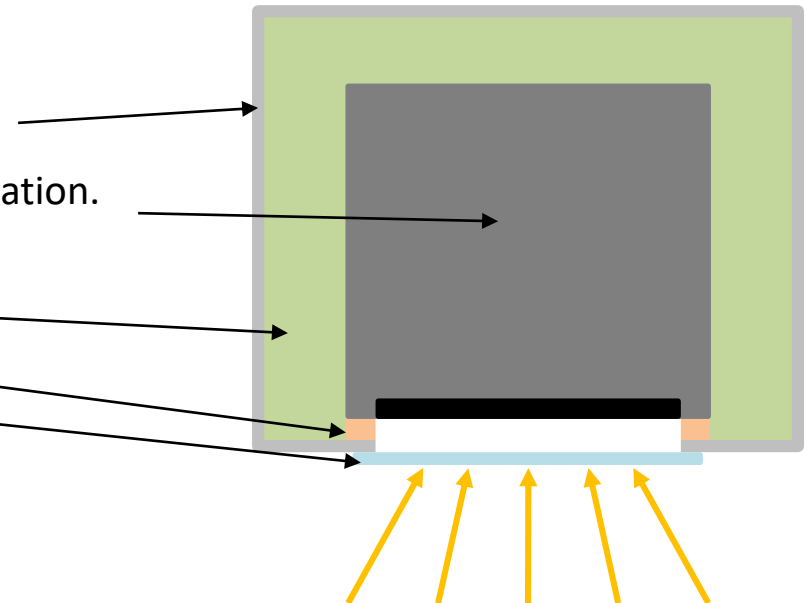
→ compromis **pertes de charge** vs **échange thermique**

→ **récepteur large** (section passante élevée, ailettes d'échange)

→ récepteur innovant **sans CPC**

- Le système est constitué:

- D'un carter extérieur, fixe, ayant un rôle mécanique.
- D'un récepteur solaire intérieur mis en dilatation. Sa face inférieure est peinte.
- D'un isolant thermique.
- D'une résine isolante.
- D'une vitre de protection.



Les retours sur le récepteur après 3 ans de fonctionnement

Gestion des dilatations :

excellente.

(Compensateur, points fixes)

Revêtement absorbant :

vieilli, 2^e couche repassée

Tmax atteinte : 250°C

Étanchéité à l'air:

**Très bonne après
changement de joints**

Résine de soutien: dégradée

thermiquement (matériau
livré non conforme)

Vitres: salissures

(anciens joints, poussière
isolants). Aucun point
chaud.

Optimisations déployées :

- Phase de démarrage (début de journée, passage nuageux).



Modèle transitoire sur ordinateur

- Choix température de production

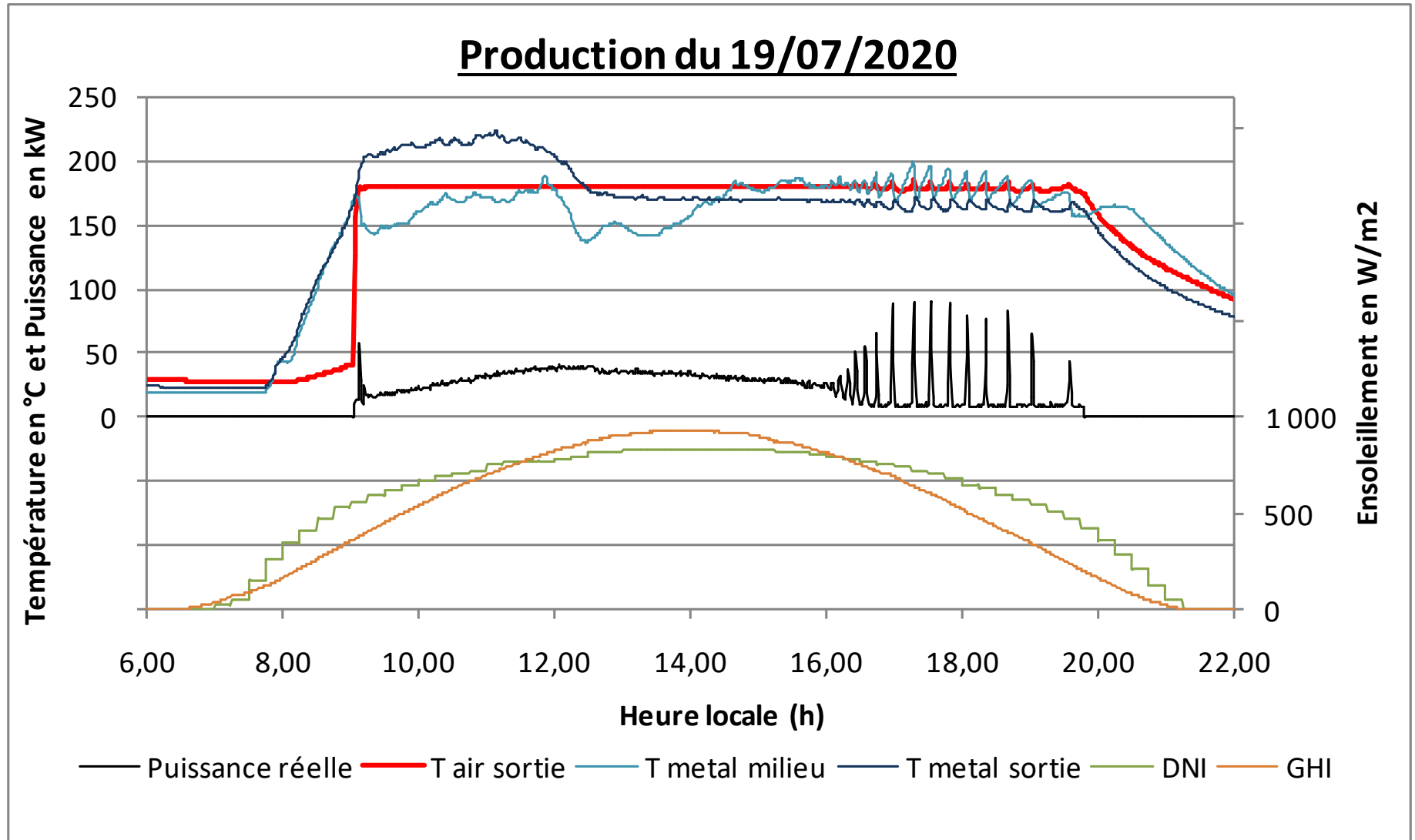


**Prévision météo sur la journée + modèle du
système complet (process client)**

Actuellement en période d'observation depuis **avril 2021**.

L'exemple d'une journée de production:

Le 19/07/2020

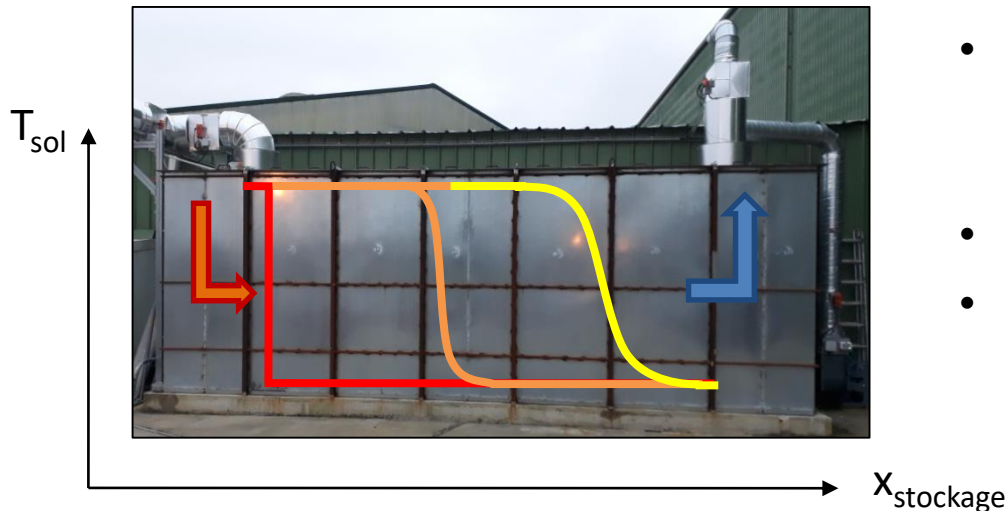


Le stockage thermique stratifié

- Stockage à chaleur sensible, avec thermocline



Un milieu poreux stockant unique, traversé par l'air



- Le thermocline se déforme avec son mouvement (dispersion thermique, micro-advection, ...).
- L'air ressort froid à la cheminée.
- En décharge, inversion du sens de circulation pour récupérer de l'air à température proche de la charge

- Volume installé : 22 m³ poreux (soit jusqu'à 1.86 MWh entre 20 et 250°C).
- Prévu pour une puissance élevée (bons miroirs, saison estivale), plusieurs jours d'arrêt du process client (week-end, congés, planning moins chargé des fours).
- Isolé par l'intérieur.

Nos spécificités vis-à-vis de la littérature

- **Poreux granulaire en vrac:** matériau local, peu couteux, naturel

- **Module à l'air:**



- Débit minimum admissible (échange thermique)
- Débit maximum admissible (pertes de charge)

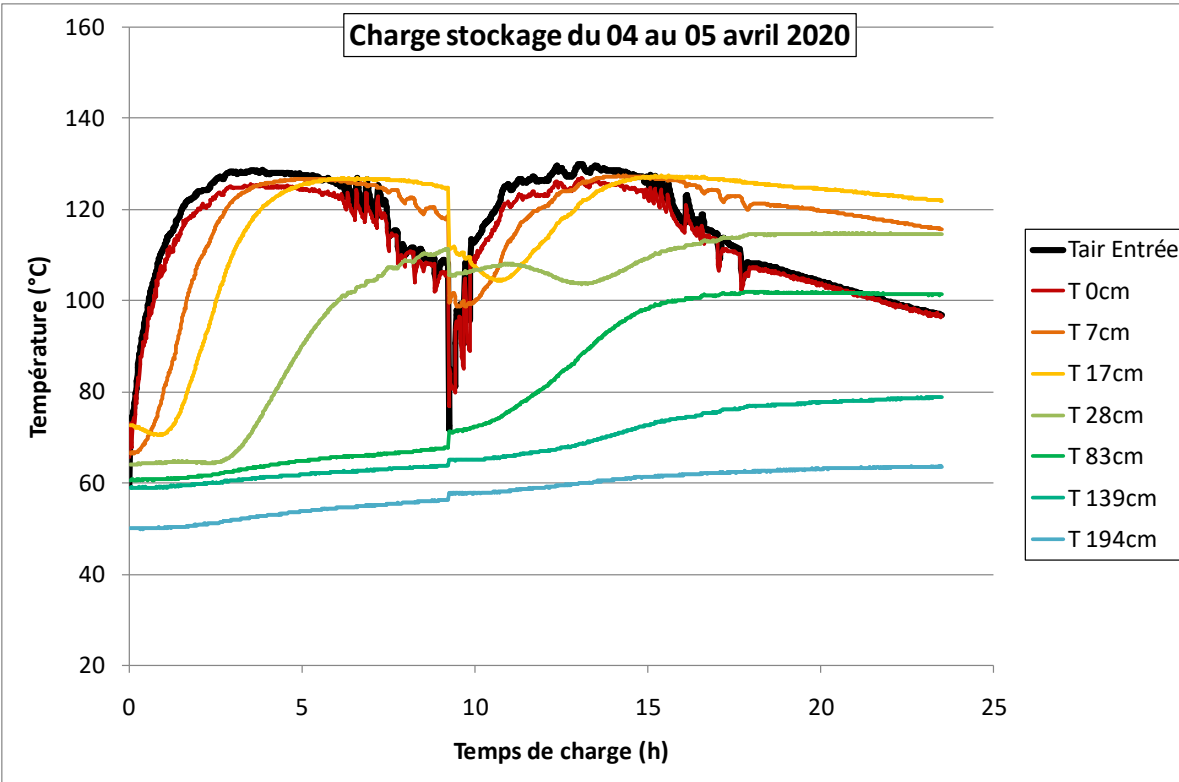


- Faible déformation du thermocline (charge/décharge)
- Etalement du thermocline quasi-nul (conservation)

- **Module disposé à l'horizontal:**

	Module horizontal	Module vertical
Convection naturelle interne	Déstructure le thermocline, peu important	Concentre l'énergie en zone chaude
Tassement cyclique du poreux	Potentiel renardage en partie supérieure	Aucun impact
Tenue du sol / Fondations	Peu de contraintes d'implantation	Limitation en volume (coût)
Poussée aux parois	Faibles	Elevées, impose une compartimentation

Retour d'expérience charge du stockage



- **Charge stockage au plus proche du cas académique :**
Charge complète puis décharge complète, débit et T° constants
- **Dans notre cas :** débit variable et température oscillante autour de la consigne (tributaire de l'ensoleillement).
- **Charge sur plusieurs jours :** stockage surdimensionné et déficit de puissance à la centrale.

• Résultats: **Stratification visible** + Température tendant vers la charge

Convection à l'entrée la nuit +
Injection d'air froid en début de journée

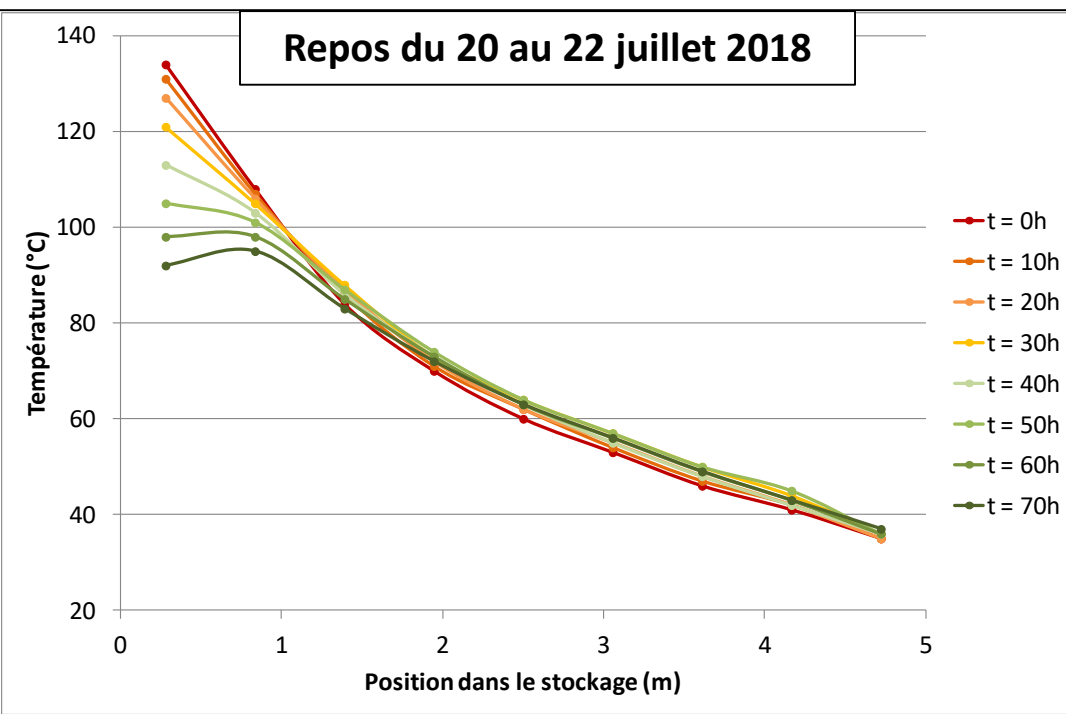


Baisse du niveau de température stockée,
même à cœur (ratio puissance / volume)

- Cycle complet utile pour caractériser le système, mais dans les faits **jamais utilisé**.

Retour d'expérience: conservation

- Essai de conservation après une journée de charge (charge partielle) sur 72h.
- La température à cœur est très bien conservée : **peu de fuite pariétale, pas d'étalement du thermocline.**
- Proche de la chambre d'entrée, pertes importantes **par convection naturelle**. La tuyauterie de distribution joue le rôle d'ailette de dissipation la nuit, malgré les vannes.



Impact limité sur des cycles charge-décharge courts (<24h) mais considérable sur des charges sur plusieurs jours.

Solution trouvée pour limiter le phénomène : implantée en juin 2021 pour observation.

Ouverture du stockage : 06/2021

Isolants en paroi:
Isolants solides et fibreux
rigidifiés intacts.
Liants dégradés, mais non
exposés à l'écoulement

Grille de maintien du poreux:
Liaisons endommagées (défaut
d'encastrement au montage)
Nouvelles liaisons renforcées
installées.

Instrumentation:
passage de 15 à 56
thermocouples

Granulat stockant:
Ni fines ni ségrégation

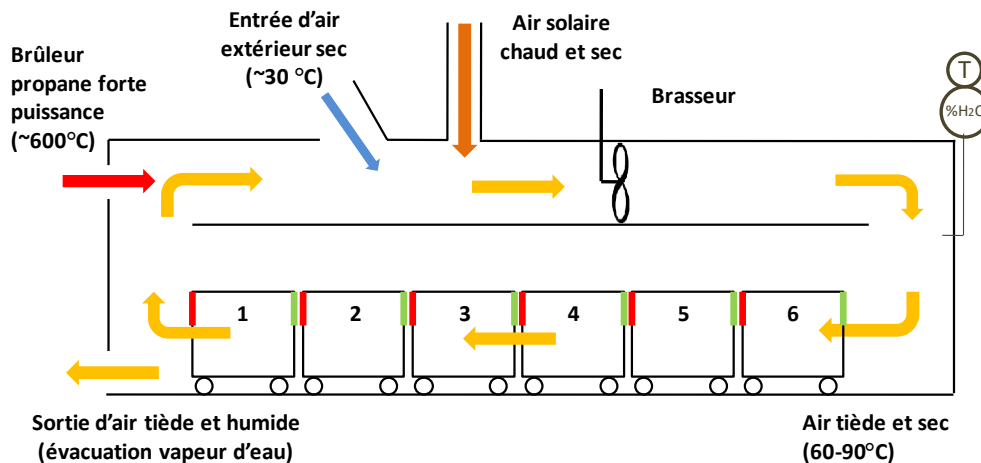
Chambre d'entrée:
Amélioration de **l'aéraulique,**
l'isolation, système **anti-**
convection à l'entrée

Condensation:
Ni flaque ni corrosion



Redimensionnement du stockage pour utilisation du client : **3 compartiments**
(gestion été/hiver améliorée, extension plage de débit admissible).

- Four de type tunnel avec un fort recyclage interne:



- Intérêt de la haute température** : injection direct possible.
- Mise en œuvre **d'une régulation solaire-brûleur en cascade** (impulsions à double seuil).
- Ajout d'instrumentation** : pilotage automatisé + optimisation des séchages / pasteurisations par **modélisation du process client** (cinétiques de séchage).
- Le stockage permet de découpler la production solaire de la consommation process.

La problématique de la normalisation / certification des équipements

- Besoin de **se comparer aux autres systèmes solaires**, avec les mêmes critères de performance.
- Besoin d'assurer la mesure de ces critères par **un tiers indépendant**.



Travail de recherche des normes et certifications applicables, avec l'aide de **TECSOL**.

- **Conclusions:**

- Norme Iso 9806:2017, référentiel Solar Keymark, CSTBat **difficilement applicables pour nous** (Effets de bords sur petites installations, ΔT entrée-sortie élevé en air boucle ouverte...).
- Norme Fresnel IEC 62862-5 en cours d'élaboration.
- Difficulté / coût à installer un récepteur en laboratoire + impossible de certifier les performances pour chaque site.

- **2 Pistes:**

Voie de la littérature :

Mesures des **dépensements** récepteur en laboratoire, sans lumière



Performances via un modèle (tient compte du site: géométrie, ensoleillement...).

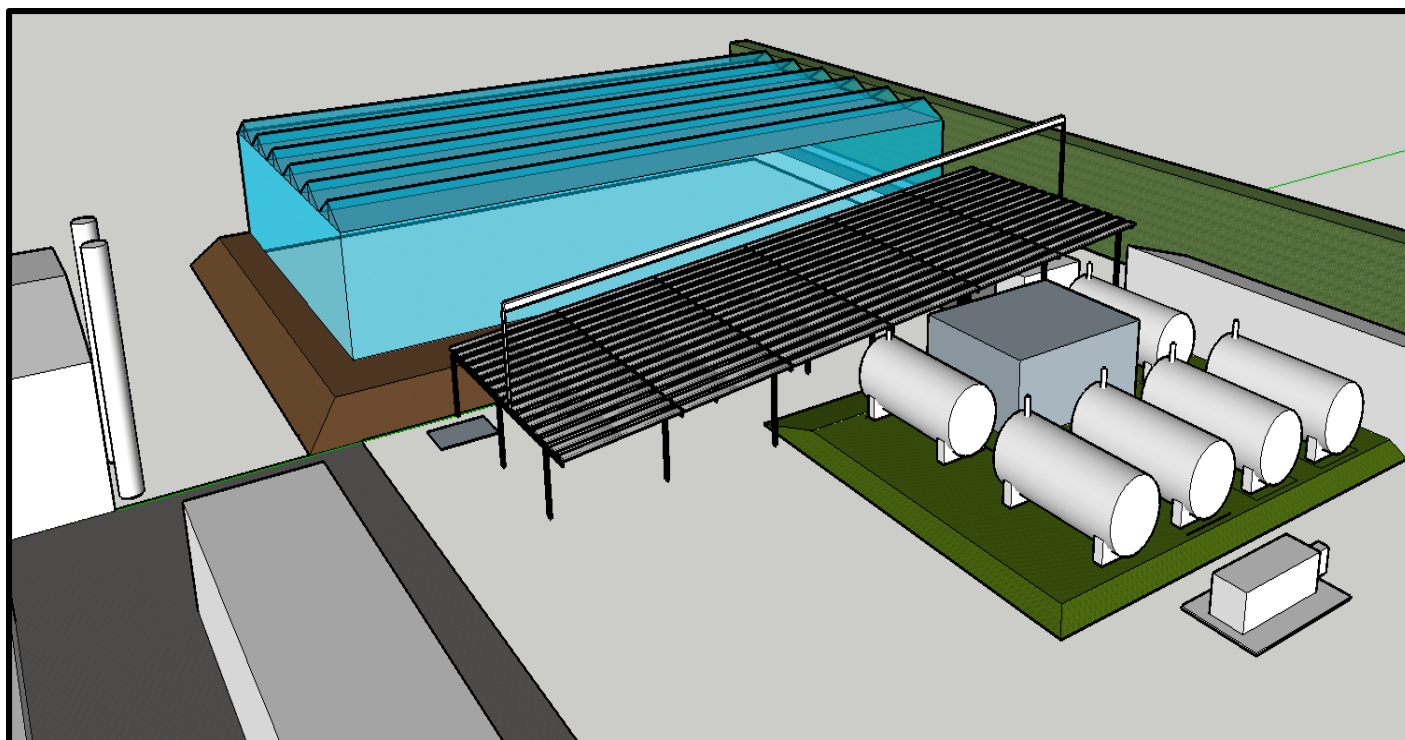
Certification ETV :

Critères de performances environnementales sur un module minimum de stockage + modèle pour l'effet de taille.

Perspectives 2021: quelques projets en discussion

Projets solaires :

- Chauffage, rafraichissement, déshumidification des serres de maraichage
- Séchage de matériaux de construction, bois-énergie...

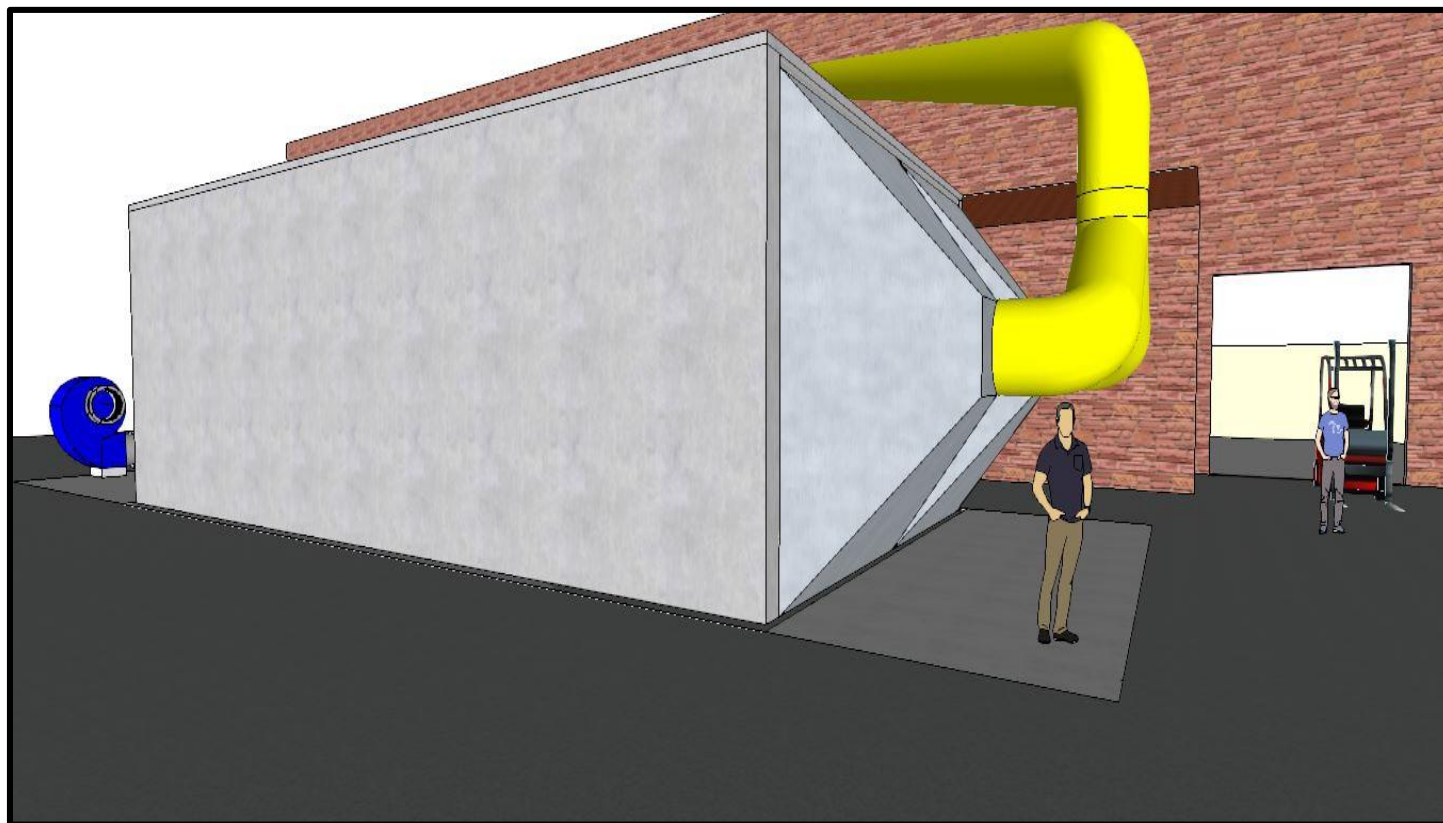


Maintien hors-gel / rafraichissement de serres avec 360 m² de miroirs

Perspectives 2021: quelques projets en discussion

Usage stockage seul:

- Récupération de chaleur fatale / mise en phase de procédés



Stockage de 450 m³ dans l'industrie de la terre cuite.



Merci pour votre attention !!

Contact: Didier MARTIN
Tel: 06.70.60.33.47
didier.martin@idhelio.com

Partenaires techniques et financiers:

