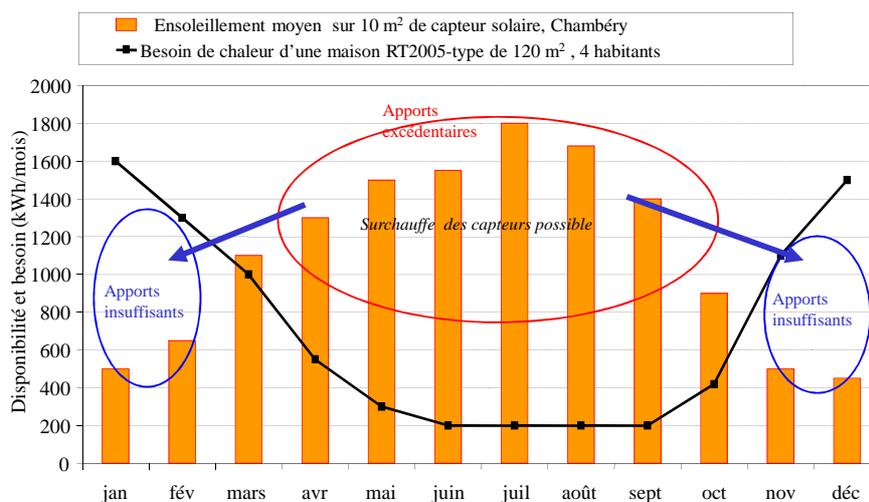


# Stockage longue durée d'énergie solaire par procédés solide-gaz

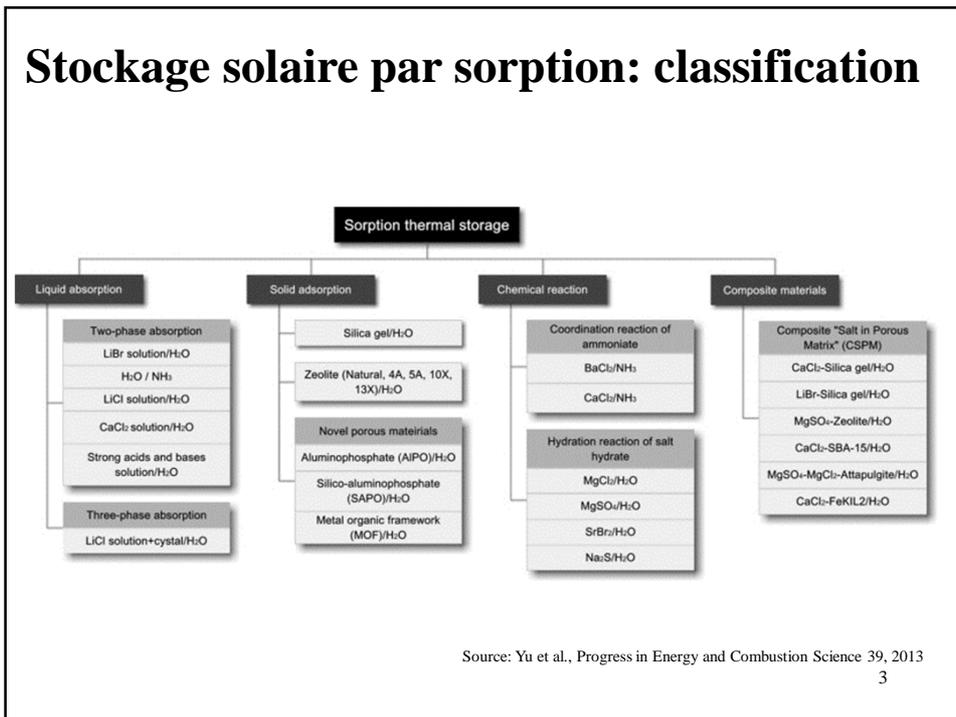
Nolwenn Le Pierrès  
Polytech Anancy-Chambéry  
Laboratoire LOCIE



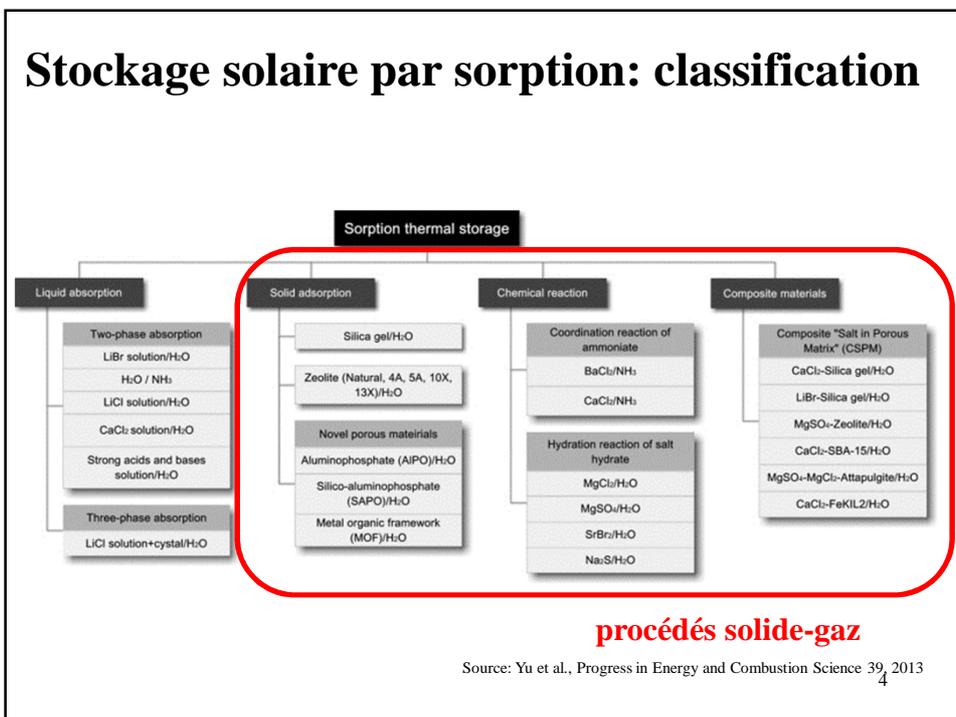
## Enjeux du stockage solaire à long terme



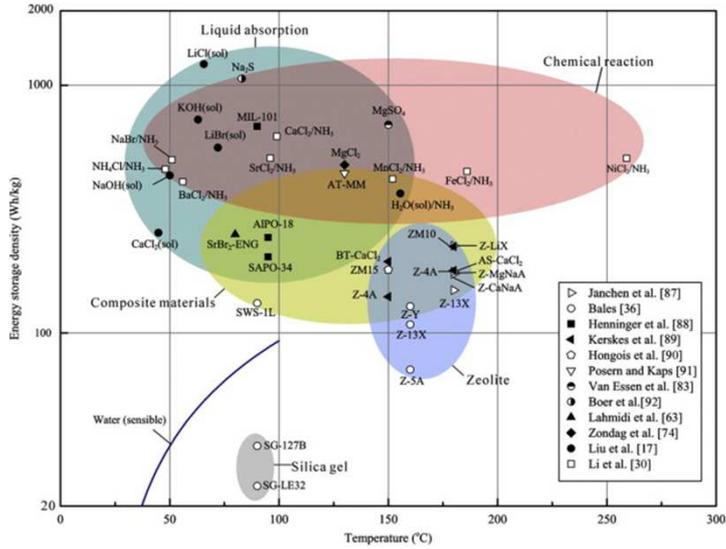
# Stockage solaire par sorption: classification



# Stockage solaire par sorption: classification

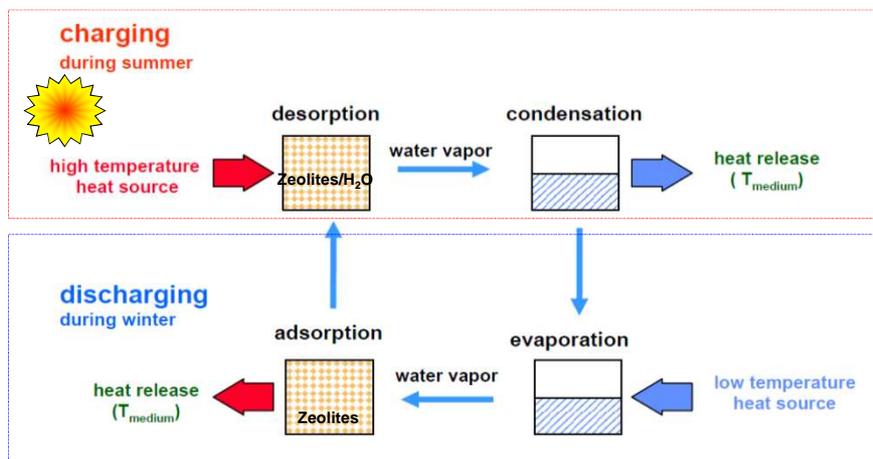


# Stockage solaire par sorption: matériaux

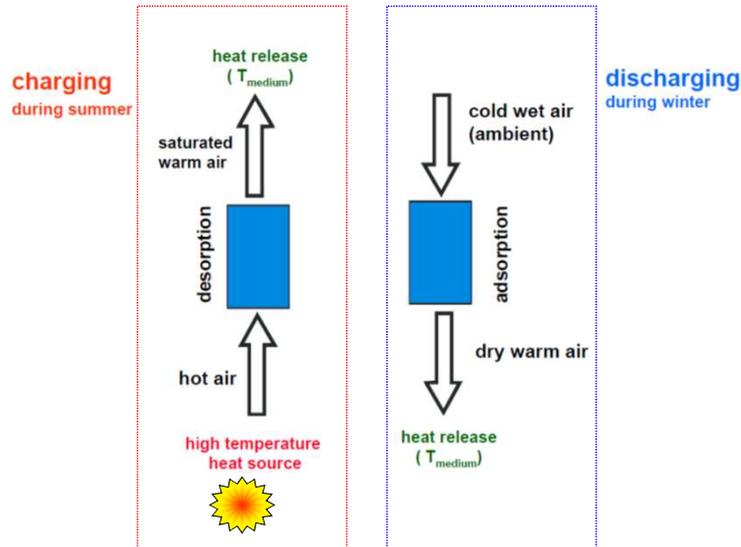


Source: Yu et al., Progress in Energy and Combustion Science 39, 2013  
5

# Stockage par sorption: systèmes fermés

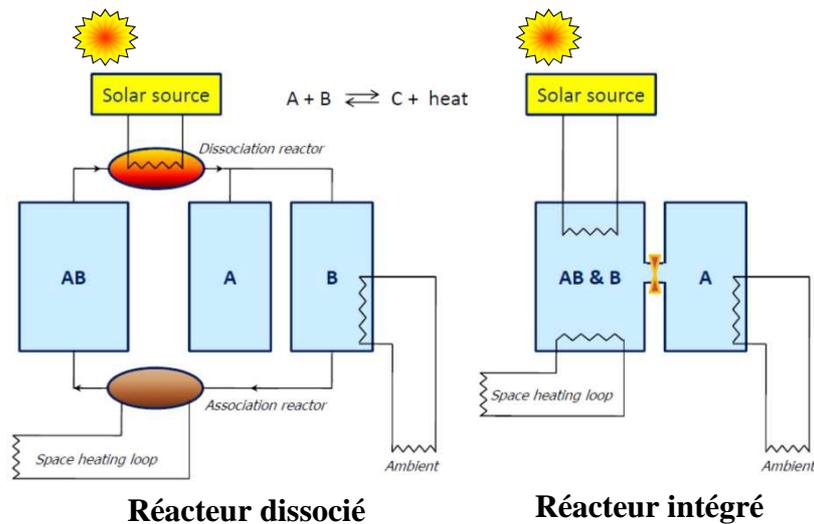


## Stockage par sorption: systèmes ouverts



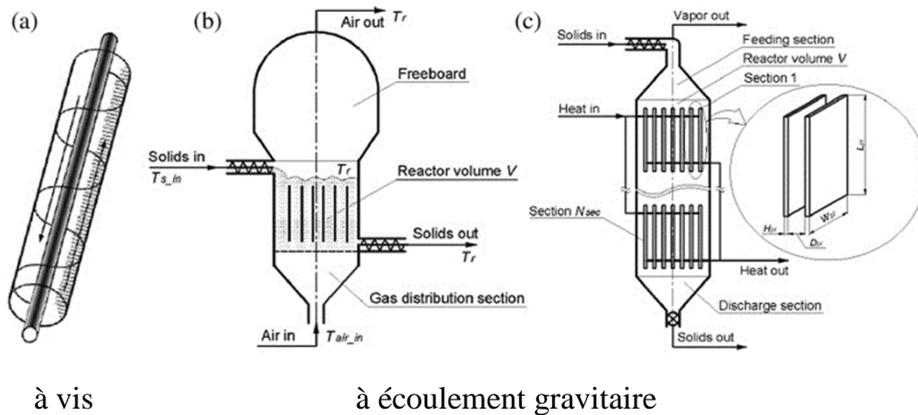
7

## Stockage solaire par sorption: réacteurs



Source: N'Tsoukpoe et al., Renewable and Sustainable Energy Reviews 13, 2009  
8

## Stockage solaire par sorption: réacteurs dissociés

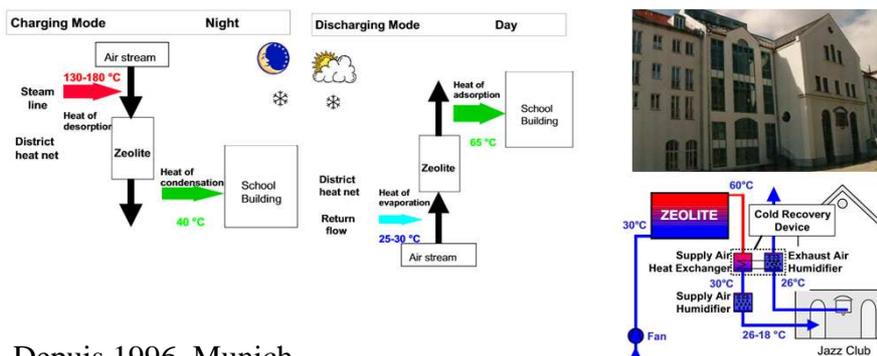


à vis

à écoulement gravitaire

Source: Zondag et al., ES2009 conference, 2009  
9

## Stockage de chaleur par sorption: exemple de démonstrateur de taille représentative



Depuis 1996, Munich

→ chauffage d'une école et rafraîchissement d'un club de jazz

7000 kg de zéolithe 13x

95 kW pendant 14h/jour, max 130 kW

1300 à 1400 kWh stockés à 130°C - 125 kWh/m<sup>3</sup>

Rendement de stockage: 92%

Source: Hauer, HPC'01 conference, 2001  
10

# Stockage solaire par sorption: projet STAID

## Stockage Inter Saisonnier de l'Energie Thermique dans les Bâtiments



Projet ANR AAP Stock-E  
2011-2014 STAID 2010-STKE-009



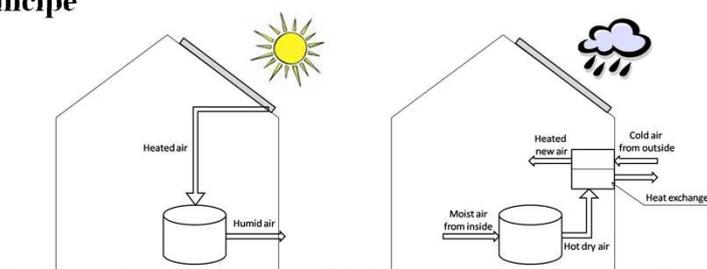
Labellisation par deux pôles de compétitivité: TENERDIS et AXELERA



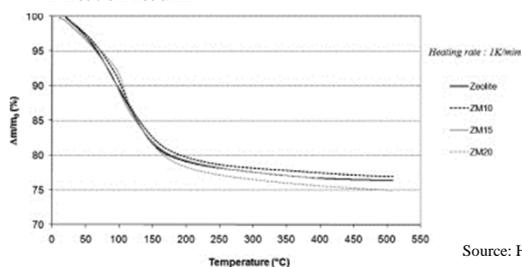
11

# Stockage solaire par sorption: projet STAID

## Principe



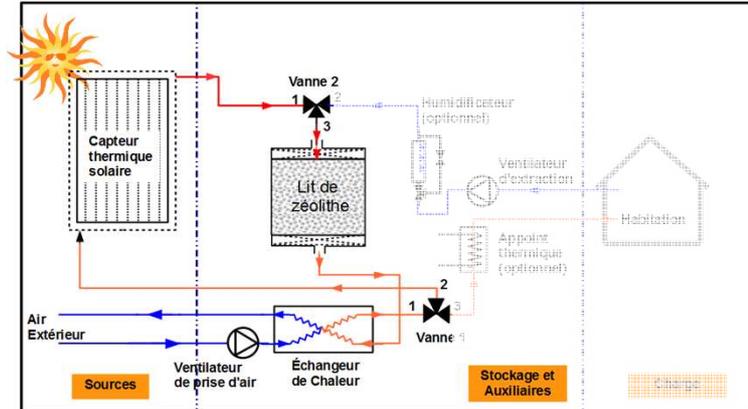
## Matériaux



12  
Source: Hongois et al., Solar Energy Materials and Solar Cells, 2011

# Stockage solaire par sorption: projet STAID

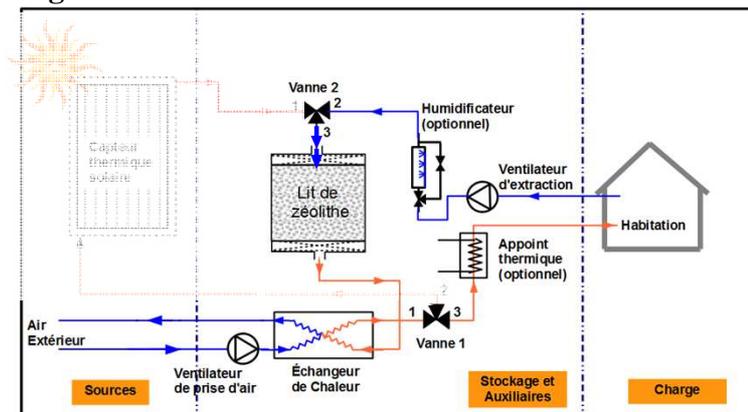
## Charge



13

# Stockage solaire par sorption: projet STAID

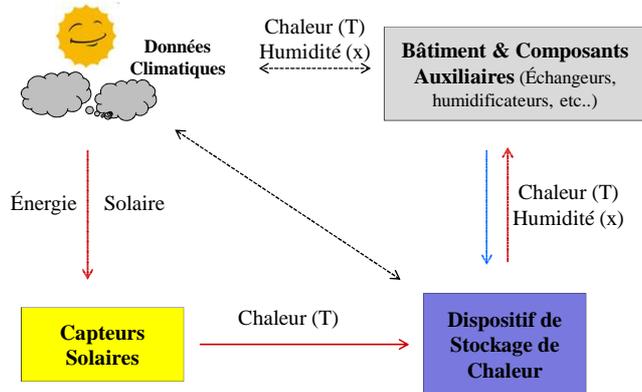
## Décharge



14

# Stockage solaire par sorption: projet STAID

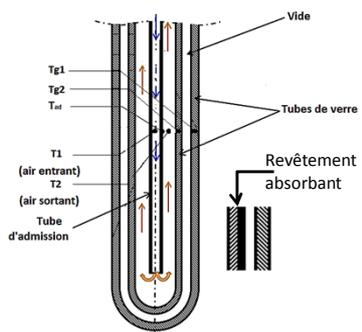
Etude du système global: analyse par expérimentation et modélisation



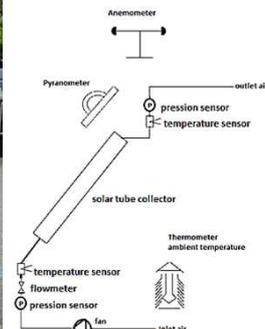
15

# Stockage solaire par sorption: projet STAID

Capteur solaire sous-vide à air



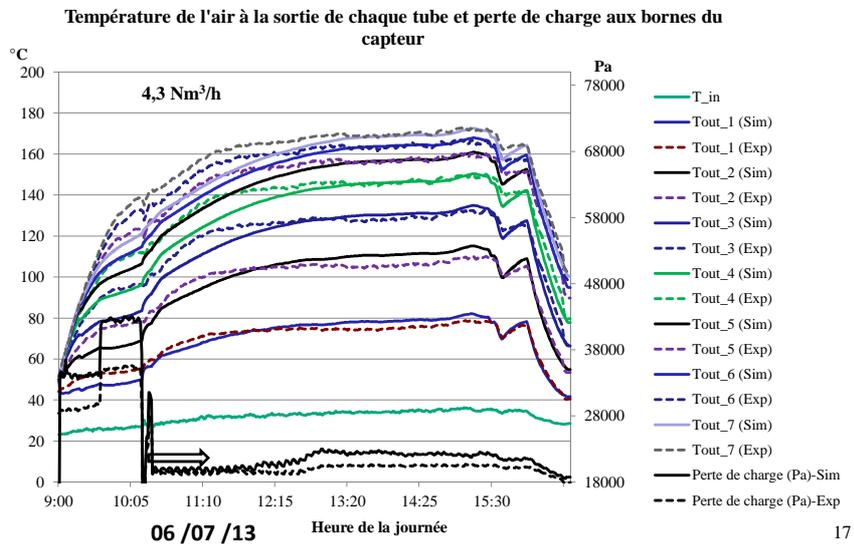
Dispositif expérimental:  
7 tubes sous-vide en série



16

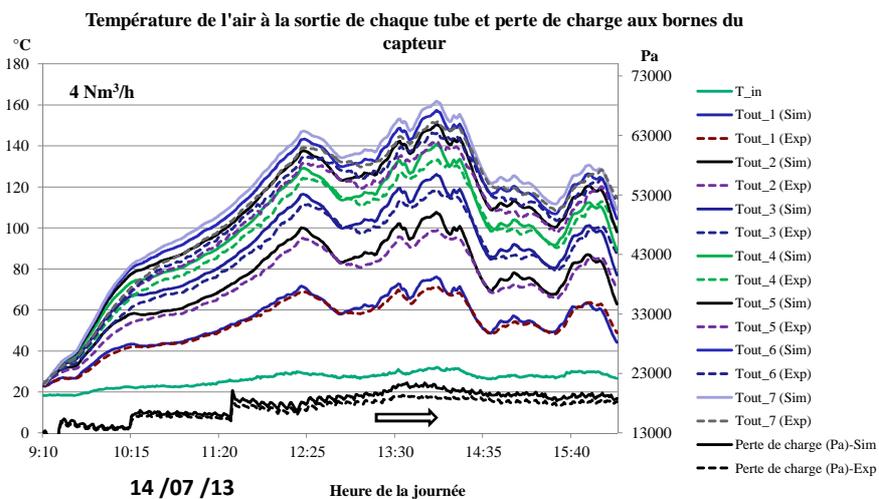
# Stockage solaire par sorption: projet STAID

## Validation du modèle de capteur



# Stockage solaire par sorption: projet STAID

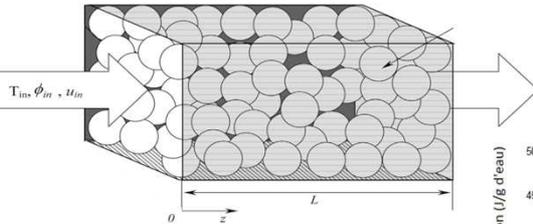
## Validation du modèle de capteur



# Stockage solaire par sorption: projet STAID

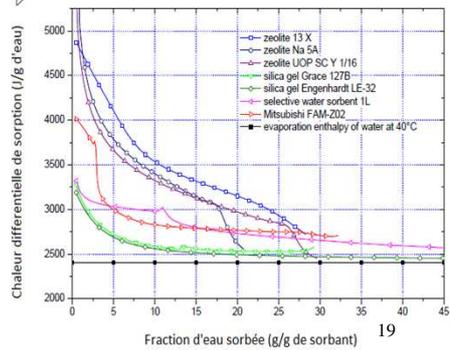
## Modélisation du réacteur de stockage

- Transfert Thermique entre l'air et le matériau solide du lit
- Diffusion de matière (humidité) au sein de l'écoulement, et des particules du lit



### Chaleur différentielle de sorption

Source : Bales C, et al, Report no.B2-Task 32, 2005

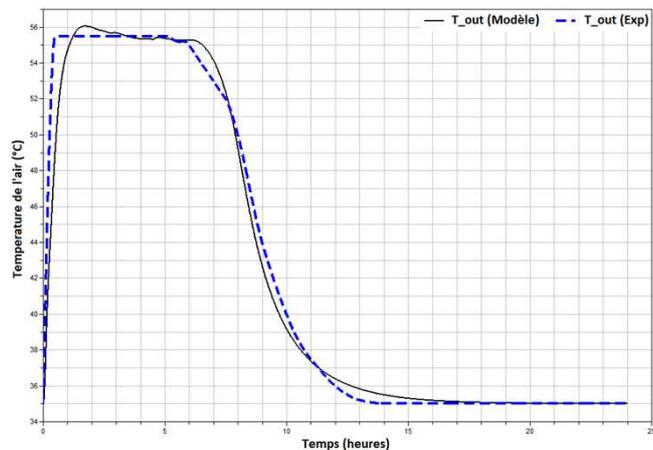


19

# Stockage solaire par sorption: projet STAID

## Validation du modèle de réacteur de stockage

Adsorption, 180 m<sup>3</sup>/h, 50% HR



20

Source exp: Mette et al, ISES congress 2011

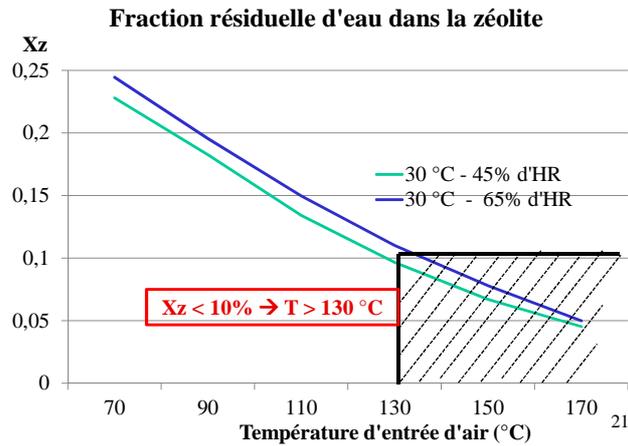
# Stockage solaire par sorption: projet STAID

## Modèle de réacteur de stockage

charge du réacteur: influence de la température de l'air

### Paramètres

- Humidité absolue: 0.012 - 0.017 kg/kg as
- $X_z$  (initial) : 30 %



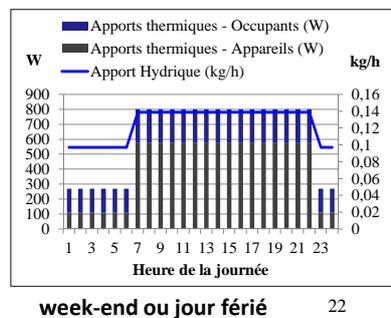
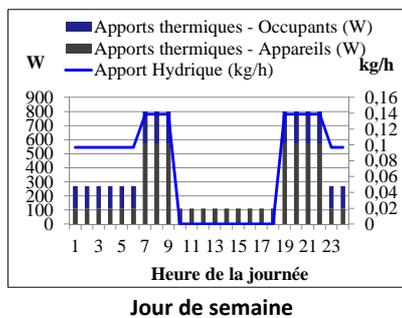
# Stockage solaire par sorption: projet STAID

## Lien avec le bâtiment

### VMC

- Débit d'air: 120 à 180 m<sup>3</sup>/h
- Echangeur de chaleur : Efficacité = 0.9
- Ventilateur : Efficacité = 0.7

### Apports thermiques et hydriques



## **Conclusion et perspectives**

- Le stockage de chaleur par sorption solide: une option envisageable
- Densités de stockage élevées possibles, durée de stockage modulable
- Encore à l'état de la recherche/démonstrateur
  
- Projet STAID: phase expérimentale à venir
- Pour plus d'infos:

<http://www.agence-nationale-recherche.fr/informations/agenda/detail/seminaire-mi-parcours-du-programme-anr-stock-e-2010-paris-cnam/>