



énergie atomique • énergies alternatives

**liten**



# Enjeux et avancées technologiques du solaire thermique

Intégration dans les réseaux de chaleur, utilisation pour  
des process industriels, stockage de la chaleur  
renouvelable...

Interclima – 9 février 2012

Philippe Papillon

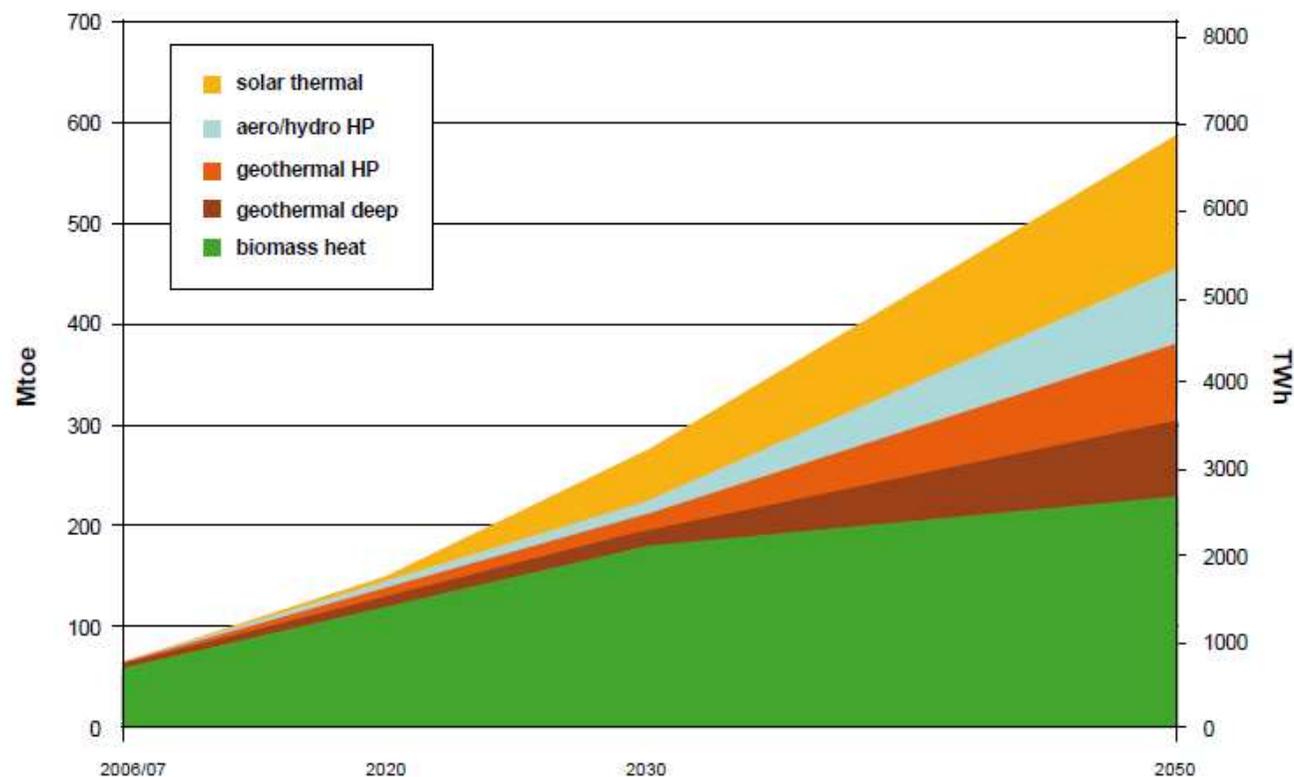
# Enjeux du solaire thermique



- **Un potentiel de contribution énergétique significatif pour la production de chaleur**

> **Scénario 2030 : 11%**

> **Scénario 2050 : 37%**



Source : Common vision for the renewable heating and cooling sector in Europe : RHC Platform  
Available at [http://www.rhc-platform.org/fileadmin/Documents/RHC\\_BROCHURE\\_140311\\_web.pdf](http://www.rhc-platform.org/fileadmin/Documents/RHC_BROCHURE_140311_web.pdf)

## Et en France ...

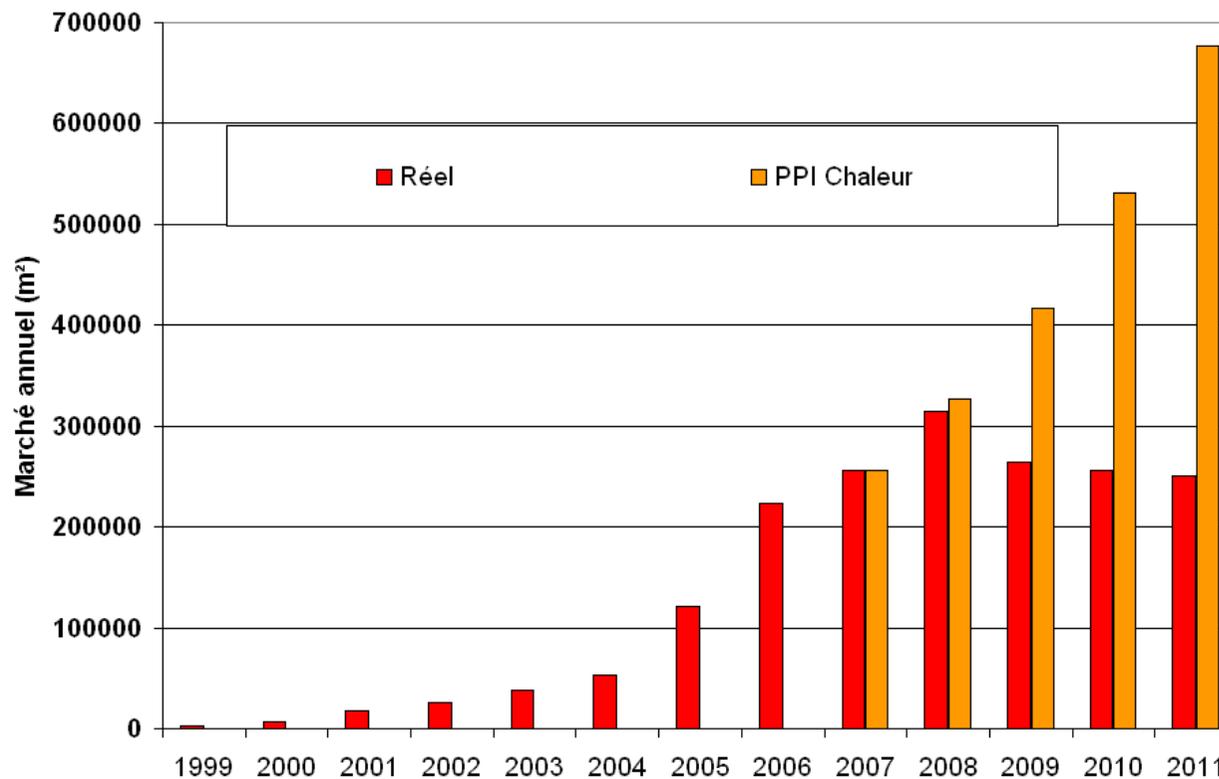


- Un engagement dans le cadre de la PPI Chaleur (publié en déc 2009)

> 2012 : 185 ktep

> 2020 : 927 ktep

- Pourtant, un marché qui décroît



# Nécessité de redynamiser la filière

---



- **Atteindre de nouveaux marchés**
  - > **Solaire pour les réseaux de chaleur**
  - > **Solaire pour les process industriels**
- **Offrir de nouvelles technologies**
  - > **Stockage de l'énergie thermique**
  - > **Climatisation solaire**
- **Assurer la qualité**
  - > **Promouvoir les systèmes préfabriqués en usine**
  - > **Garantir la performance énergétique**
- **Baisser les coûts d'installation ... vers la parité du coût de l'énergie**
  - > **Systèmes préfabriqués en usine**
  - > **Grandes installations**

# Solaire pour les réseaux de chaleur : En Europe



- **Braedstrup (Danemark) :**

Type : production centralisée

Superficie capteurs : 8 000m<sup>2</sup>

Energie totale réseau : 42 000 MWh/an

Contribution solaire : 3400 MWh/an, soit taux couverture de 8%

Stockage (Eau) : 2000m<sup>3</sup>, soit 110MWh

Extension prévue : 50 000m<sup>2</sup>



# Solaire pour les réseaux de chaleur : En Europe



- **Malmo Bo1 (Suède)**

Type : production décentralisée / Réinjection

Contrat de rachat avec l'opérateur du RC

Nombre installations solaire raccordées : 10

Superficie capteurs : 1371 m<sup>2</sup>

Contribution solaire : 316 MWh/an



Source : Jan Olof Dalenback, CUT

# Solaire pour les réseaux de chaleur : Au Canada

- **Drake Landing Solar Community (Canada)**

Type : production centralisée

Superficie capteurs : 2 300m<sup>2</sup>

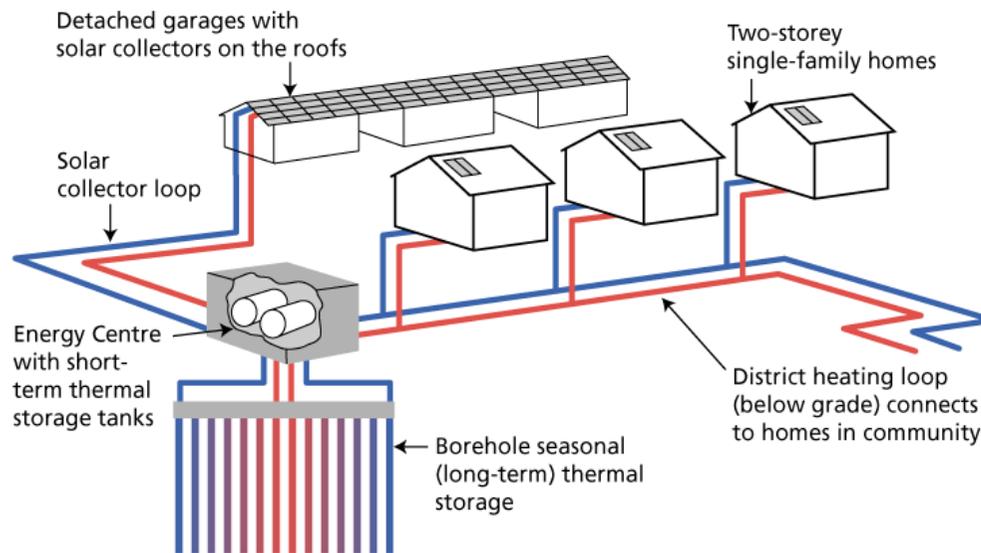
Energie totale réseau (52 maisons) : 760 MWh/an

Contribution solaire : 650 MWh/an, soit taux couverture de **85%**

Stockage

> **Court terme (eau) : 2x120m<sup>3</sup>**

> **Long terme (forage) : 144 x 35 m**



Source : [www.dlsc.ca](http://www.dlsc.ca)

# Un premier réseau de chaleur solaire en France !



- **Balma (France):**

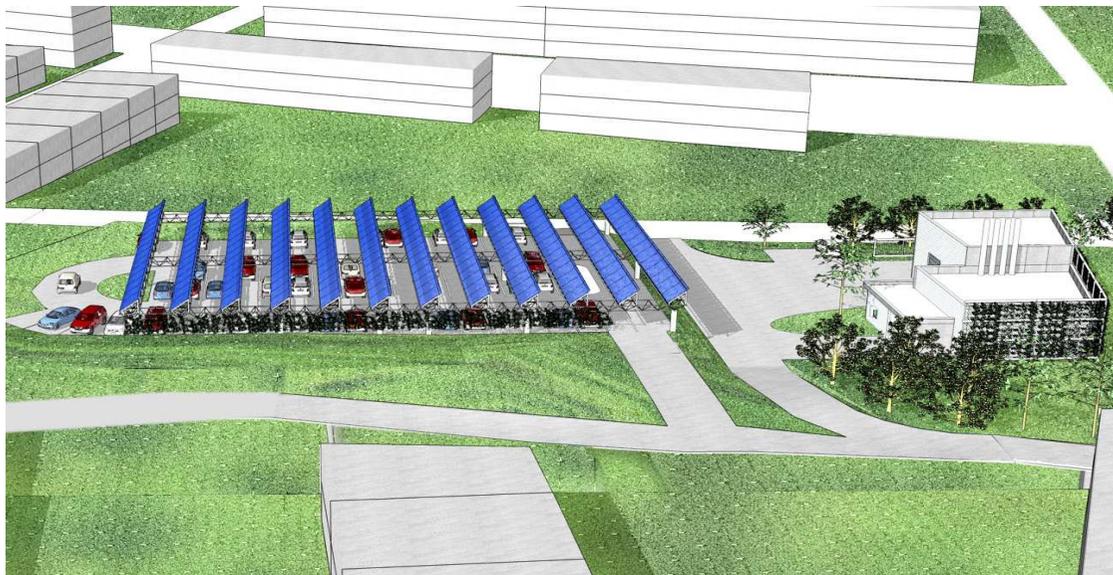
Superficie capteurs (tube sous vides) : 800m<sup>2</sup>

Taux couverture solaire prévu : 15 %

Réseau de chaleur Bois/Solaire

Bâtiments desservis : 1200 logt, 1 crèche

Mise en service : 2012



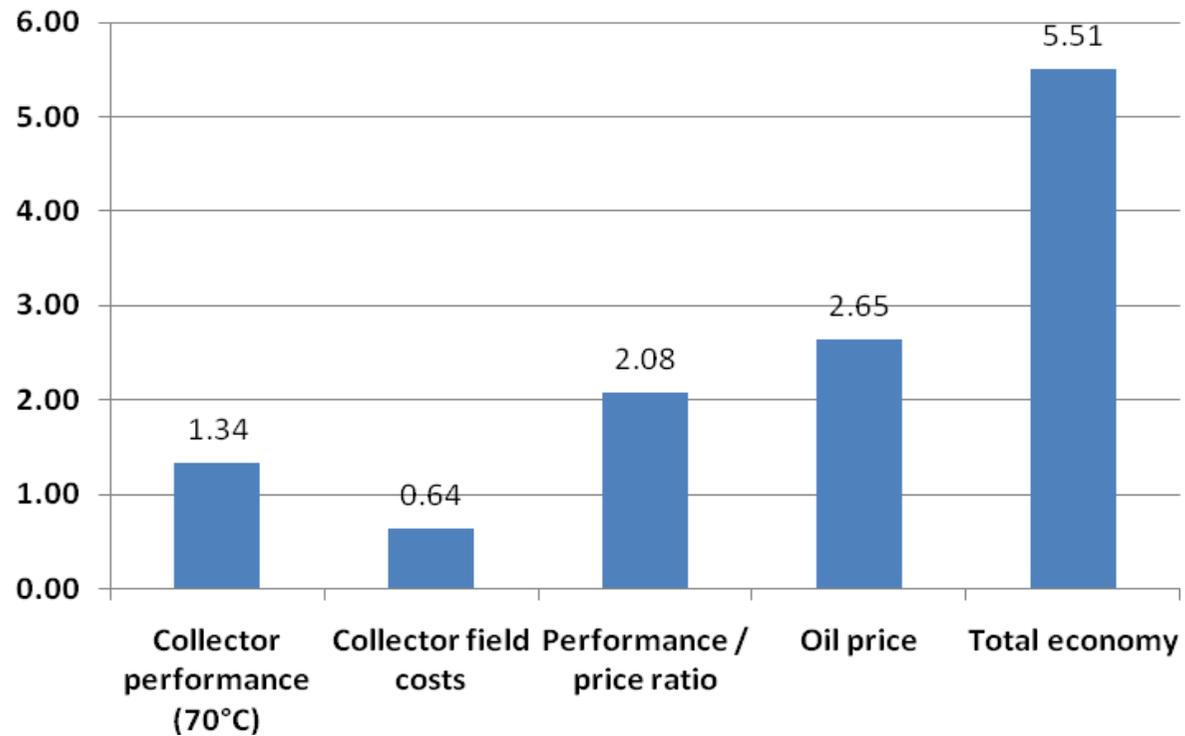
Source : SAED

# Pourquoi le développement du solaire sur réseau de chaleur

- **Vision économique**



**"Improvement factors for large collector fields"  
1986 - 2010**



Source : Jan Erik Nielsen, OA Task 45

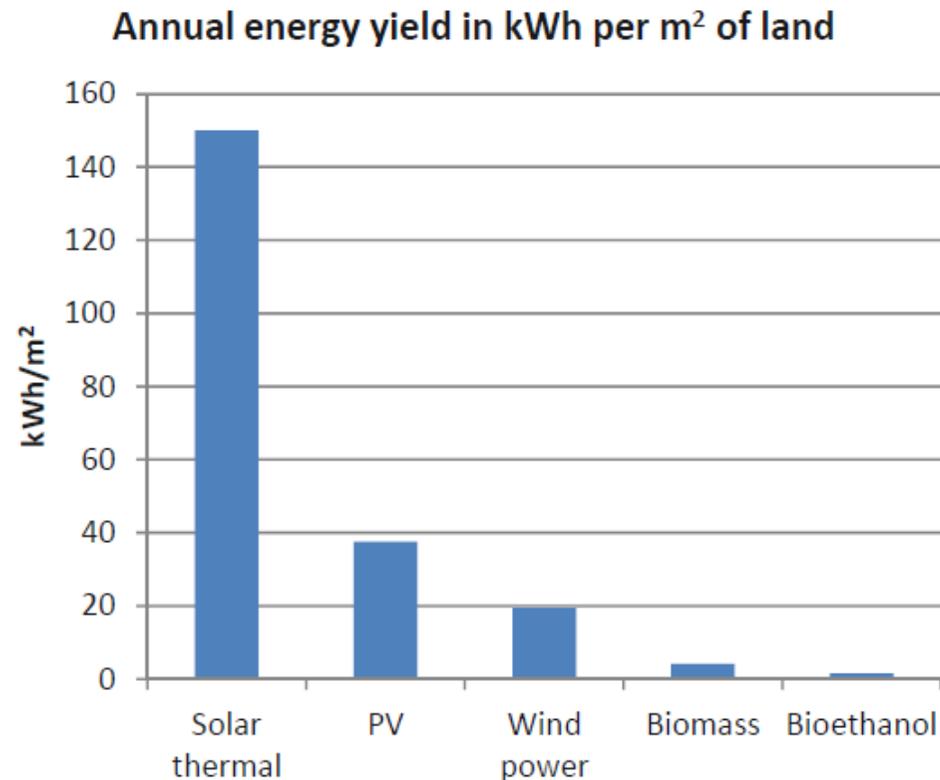
> **Diminution des coûts d'un facteur >5 en 25 ans**

# Pourquoi le développement du solaire sur réseau de chaleur

- **Vision écologique**



> **Productivité solaire thermique par m<sup>2</sup> de terrain est la plus importante**

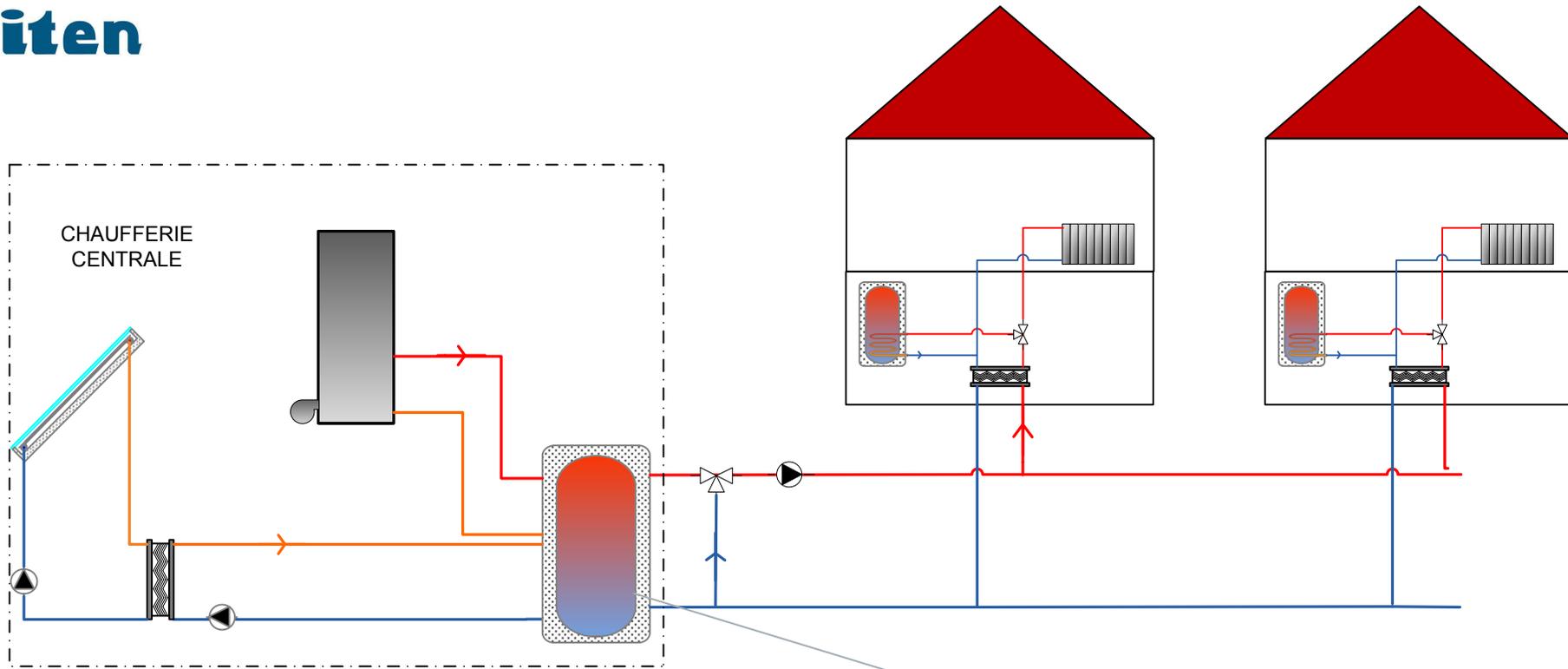


# Comment intégrer le solaire sur les réseaux de chaleur

## Solaire centralisé avec stockage journalier



energie atomique • énergies alternatives



Stockage tampon permettant d'utiliser en soirée la chaleur produite le jour

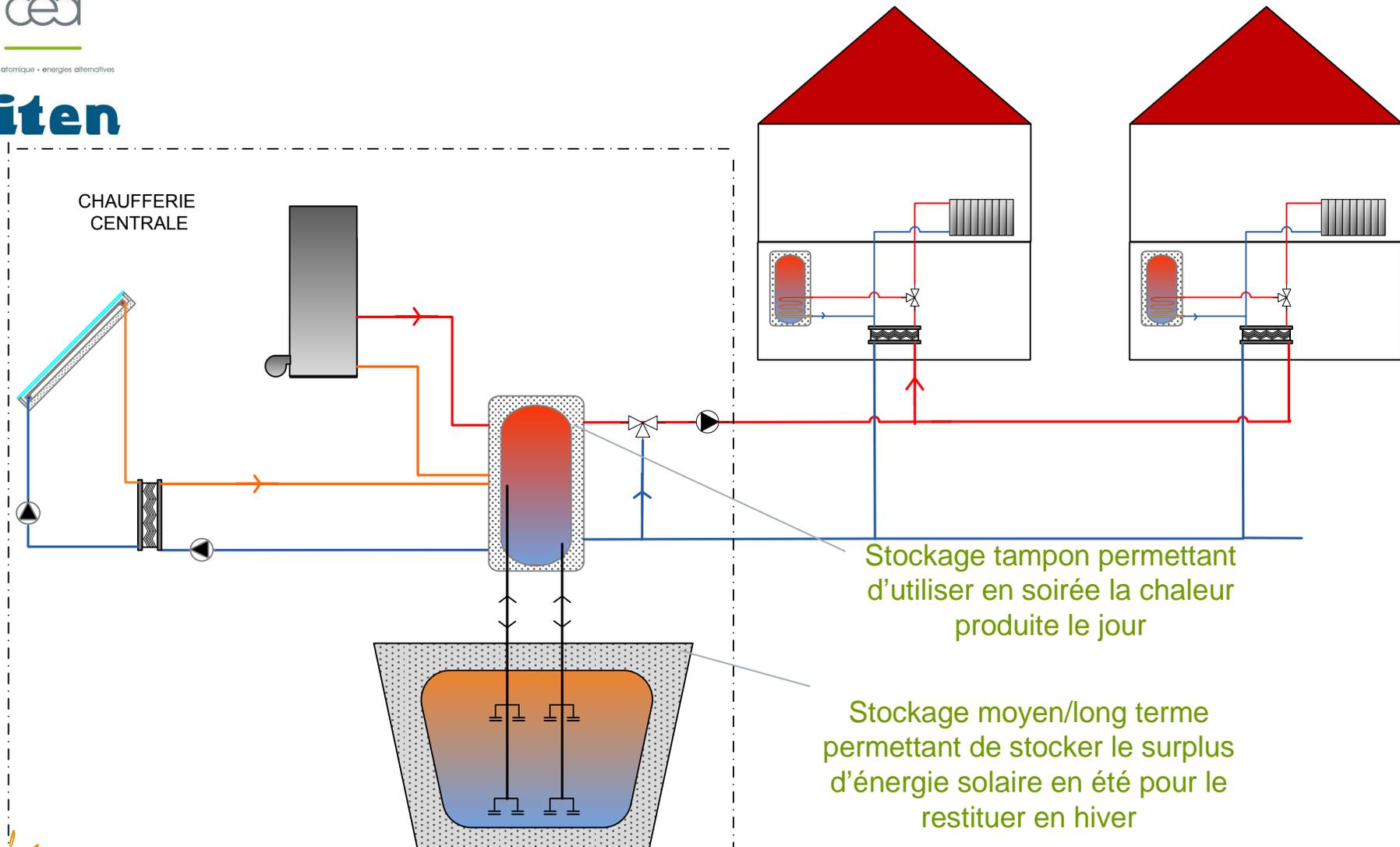
# Comment intégrer le solaire sur les réseaux de chaleur

## Solaire centralisé avec stockage saisonnier

cea

energie atomique • energies alternatives

liten



# Comment intégrer le solaire sur les réseaux de chaleur

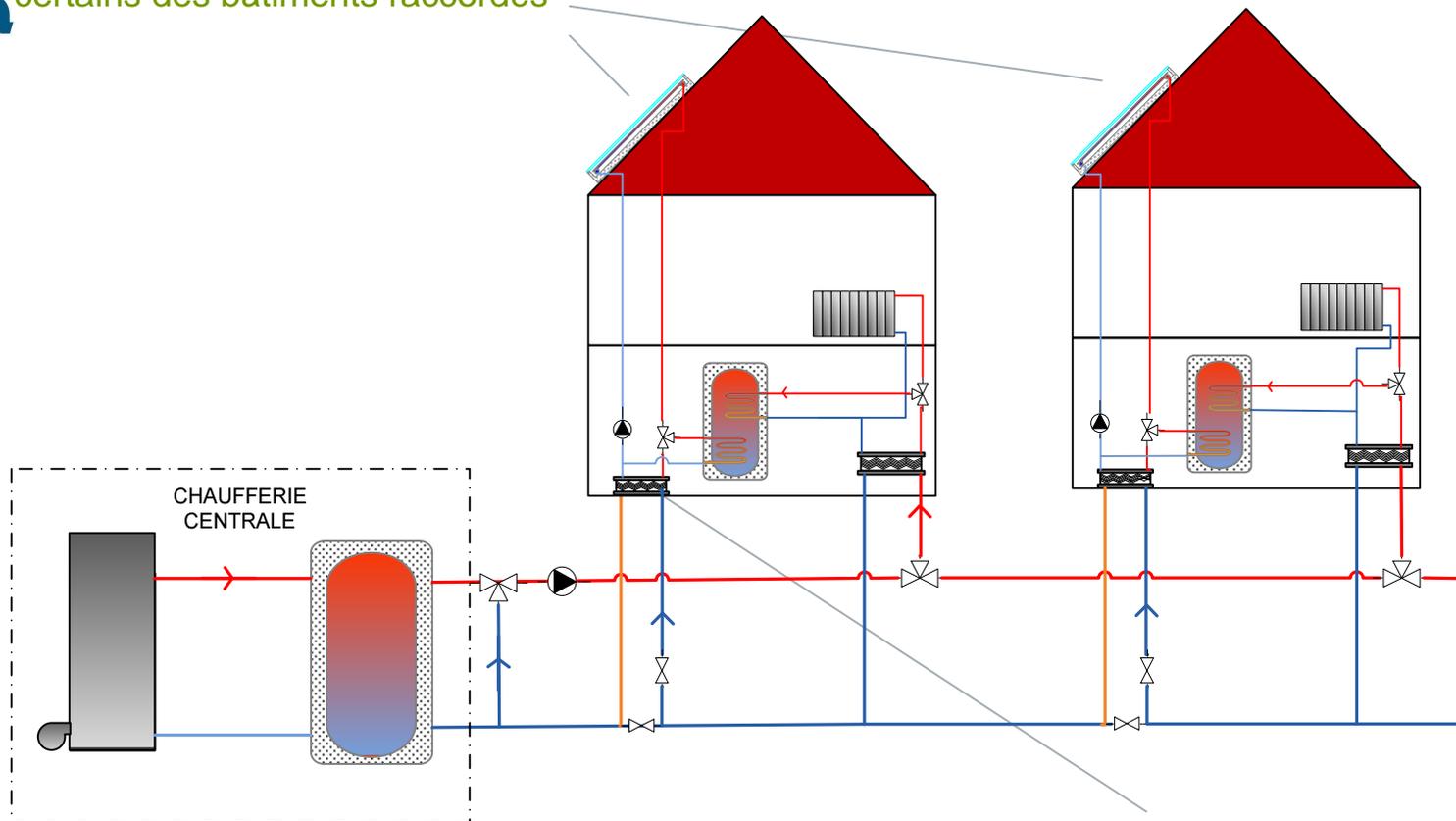
## Solaire décentralisé avec stockage journalier



energie atomique • énergies alternatives

**liten**

Panneaux solaires en toiture de certains des bâtiments raccordés



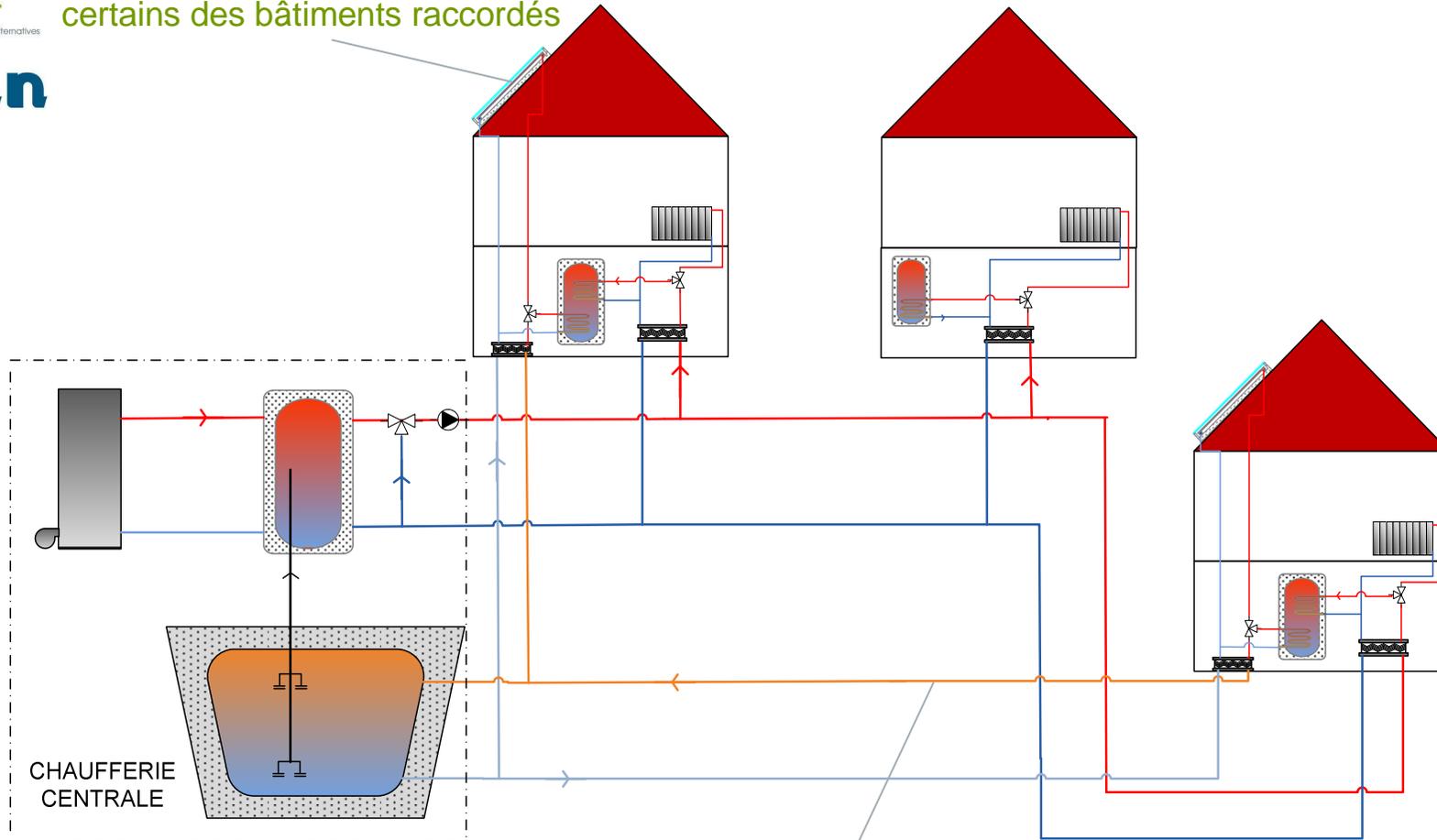
L'énergie solaire en surplus permet de réchauffer l'eau de retour du réseau

# Comment intégrer le solaire sur les réseaux de chaleur

## Solaire décentralisé avec stockage saisonnier



Panneaux solaires en toiture de certains des bâtiments raccordés

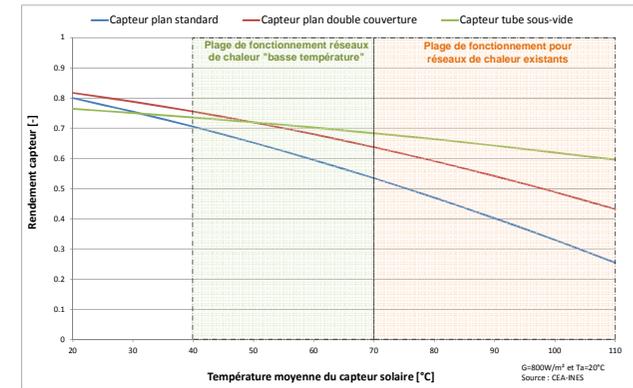


Mise en place d'un second réseau « solaire » pour centraliser l'énergie en surplus

# Solaire et réseaux de chaleur : Des enjeux technologiques

- **Capteur solaire**

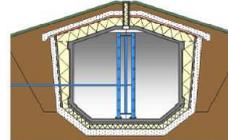
- > Grande surface de capteurs solaires
- > Efficacité accrue à haute température



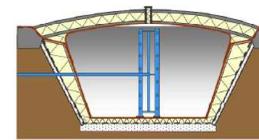
- **Stockage de l'énergie**

- > Court terme
- > Long terme

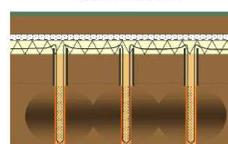
Tank thermal energy storage (TTES)  
(60 to 80 kWh/m³)



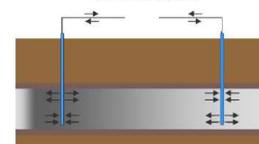
Pit thermal energy storage (PTES)  
(60 to 80 kWh/m³)



Borehole thermal energy storage (BTES)  
(15 to 30 kWh/m³)



Aquifer thermal energy storage (ATES)  
(30 to 40 kWh/m³)



- **Gestion des réseaux**

- > Intégration sur les réseaux « haute température »
- > Vente du surplus / Réinjection totale
- > Vers les « Smart Grids Thermiques »

# Stockage de l'énergie thermique

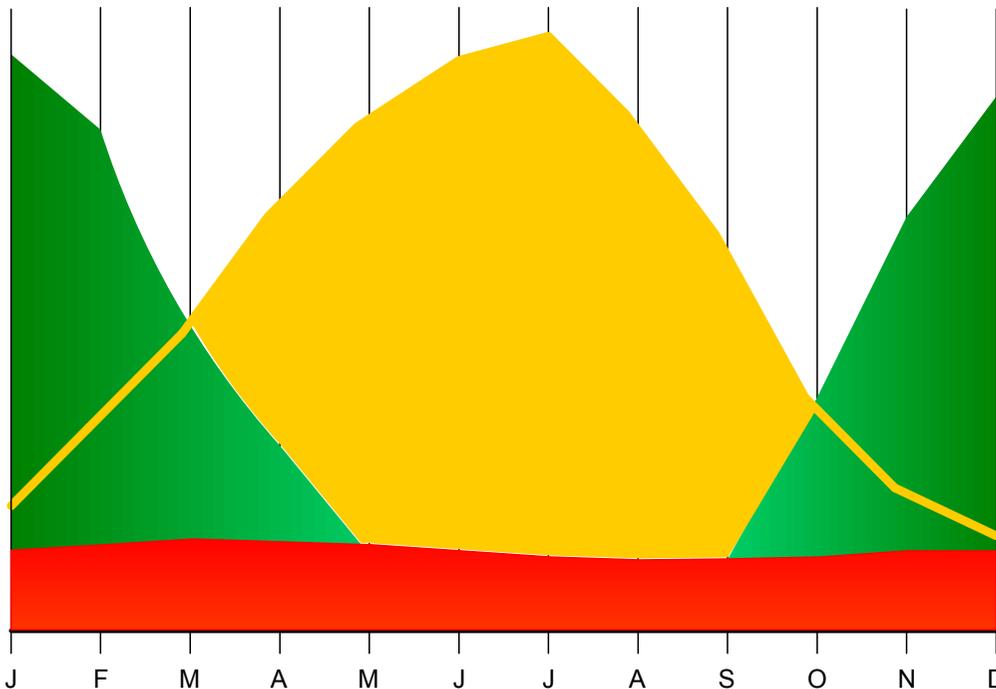


energie atomique • energies alternatives



- Un des verrous scientifiques et technologiques du solaire thermique
- L'enjeu : Atteindre un taux d'économie solaire important

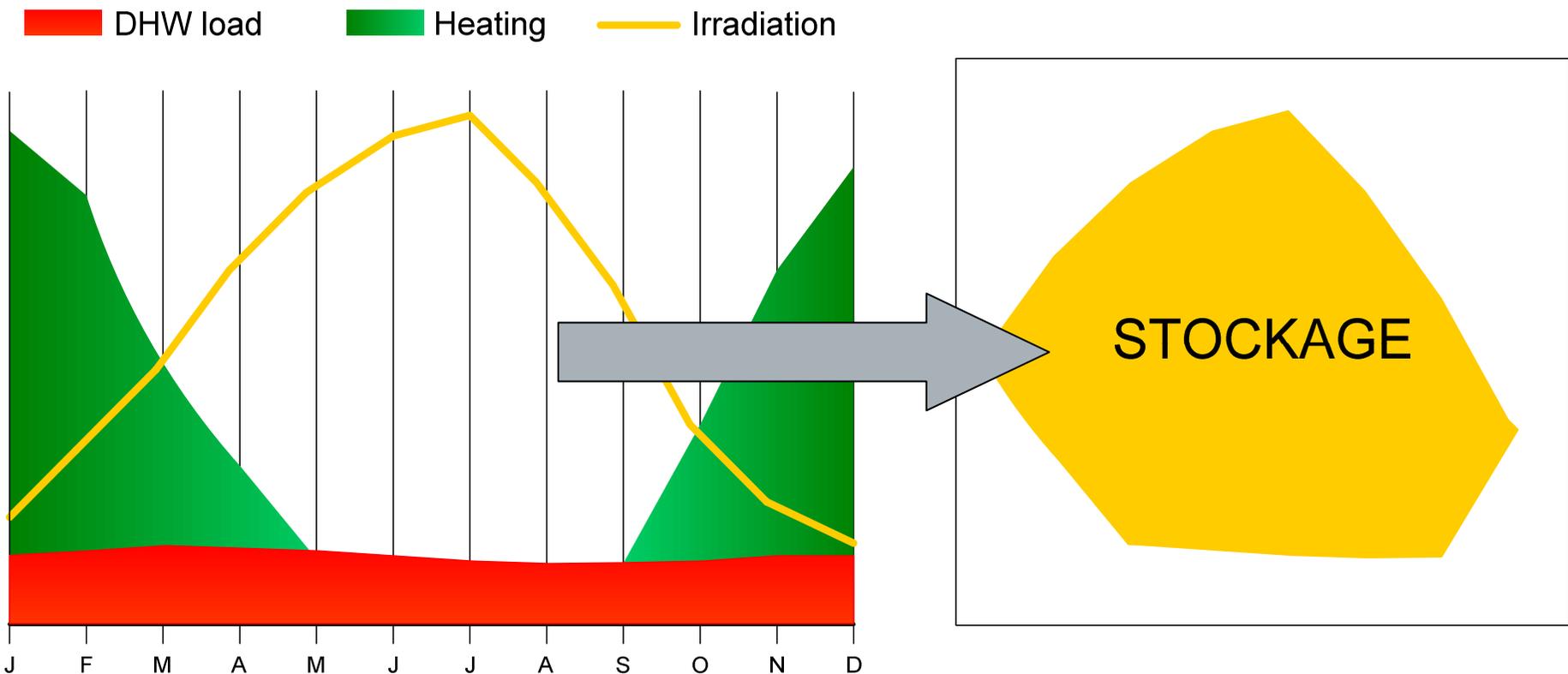
■ DHW load   ■ Heating   — Irradiation



# Stockage de l'énergie thermique



- Un des verrous scientifiques et technologiques du solaire thermique
- L'enjeu : Atteindre un taux d'économie solaire important



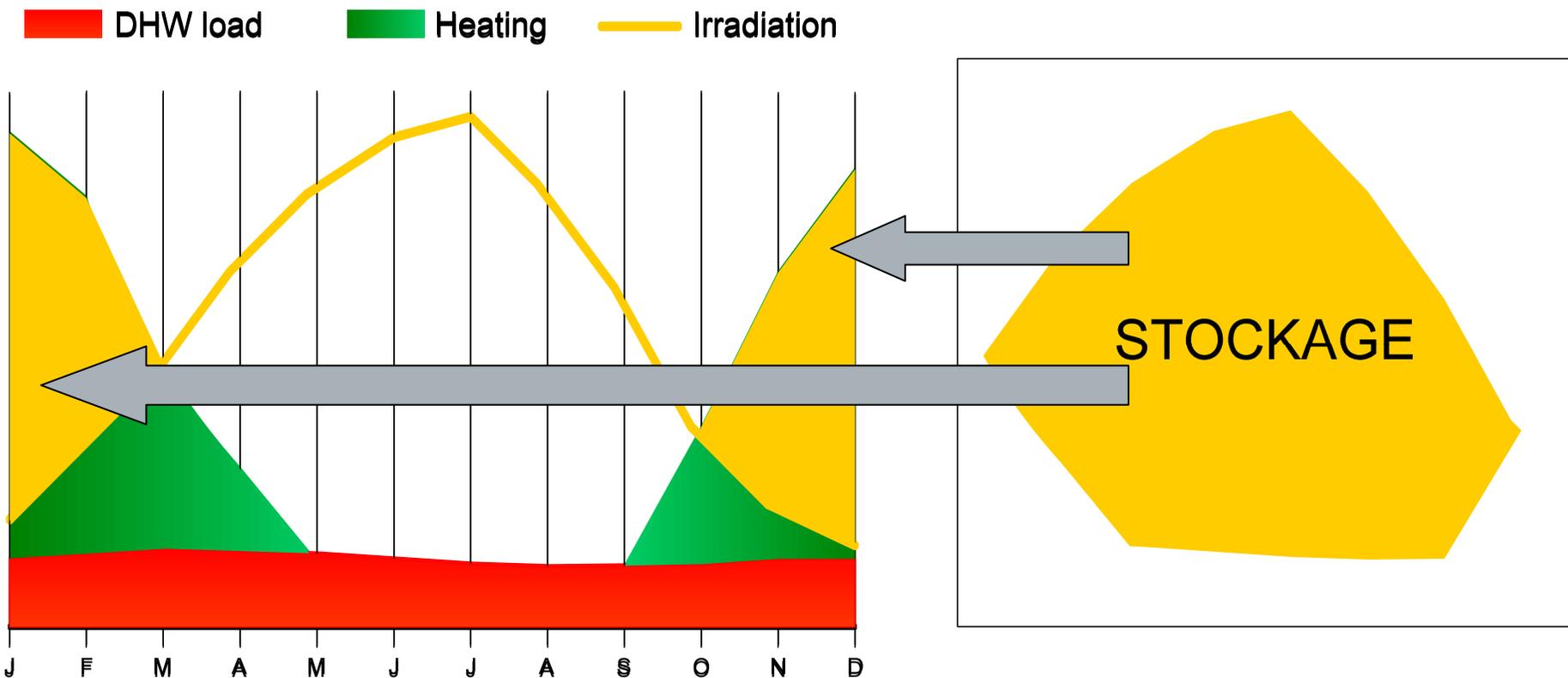
# Stockage de l'énergie thermique



energie atomique • energies alternatives



- Un des verrous scientifiques et technologiques du solaire thermique
- L'enjeu : Atteindre un taux d'économie solaire important



# Stockage de l'énergie thermique

---



- **Les difficultés technologiques**

- > **Avoir une forte densité énergétique**

- Eau :  $70 \text{ kWh/m}^3 \Rightarrow$  stockage de  $1000 \text{ kWh} = 14 \text{ m}^3$

- > **Réduire les pertes thermiques**

- Stockage à eau intersaisonnier :  $100 \text{ kWh stocké} = 50 \text{ kWh restitué}$

- > **Le coût**

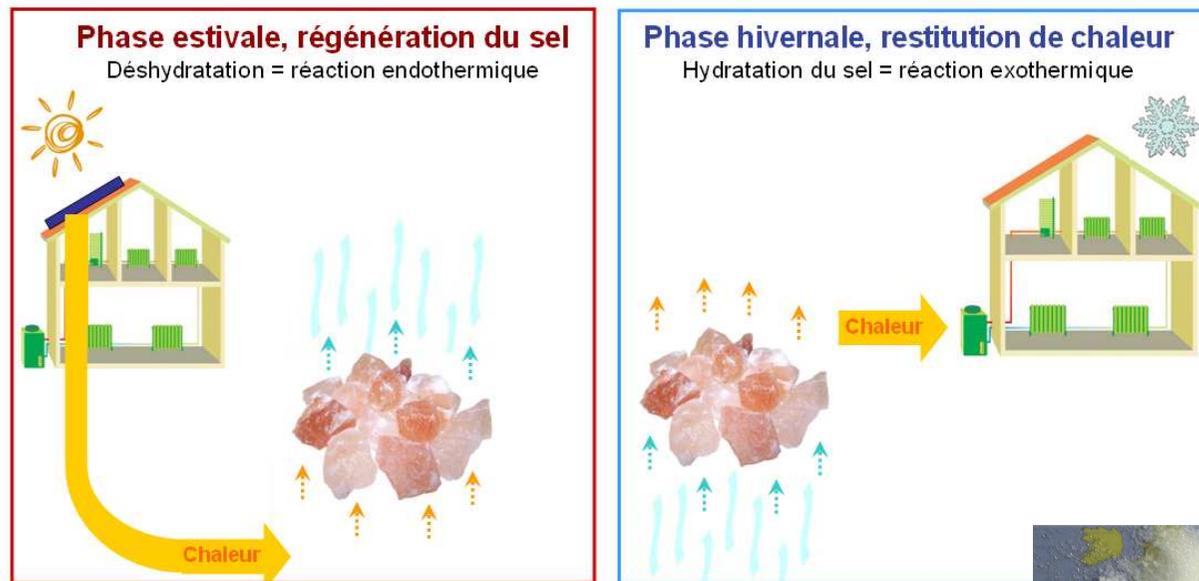
- Stockage à eau : cuve de  $1 \text{ m}^3 = 2000 \text{ €}$

- Soit un investissement de  $30 \text{ €/kWh}$  stockage

# Stockage thermique : Une piste intéressante



- **Stockage thermochimique**
- **Réaction endo/exothermique réversible**



# Stockage thermochimique : Avancée technologique



- **Développement de 2 réacteurs pilote**  
En collaboration avec PROMES

- **Principaux résultats**

- > **Densité énergétique élevée : > 200 kWh/m<sup>3</sup> selon les sels**
- > **Cyclage : pas de dégradation des performances**



# Stockage de l'énergie thermique

---



- **Les difficultés technologiques**

- > **Avoir une forte densité énergétique**

- Eau :  $70 \text{ kWh/m}^3 \Rightarrow$  stockage de 1000 kWh = 14 m<sup>3</sup>

- Thermochimie :  $200 \text{ à } 300 \text{ kWh/m}^3 \Rightarrow 1000 \text{ kWh} = 3 \text{ à } 5 \text{ m}^3$

- > **Réduire les pertes thermiques**

- Stockage à eau intersaisonnier : 100 kWh stocké = 50 kWh restitué

- Thermochimie : Peu de pertes : 100 kWh stocké = 90 kWh restitué

- > **Le coût**

- Stockage à eau : cuve de 1 m<sup>3</sup> = 2000 €

- Soit un investissement de 30 €/kWh stockage

- Thermochimie : évaluation d'investissement sur base proto : 50 à 70 €/kWh stockage

# Stockage thermochimique : la suite

---



- **Etat des lieux :**
  - > **Preuve de concept validée**
  - > **Première évaluation des coûts**
  
- **Suite à prévoir**
  - > **Optimisation des réacteurs**
  - > **Intégrer le stockage dans le système**
  - > **Procéder à de la démonstration sur site pilote**



energie atomique • énergies alternatives

**liten**



**Merci de votre attention**