



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

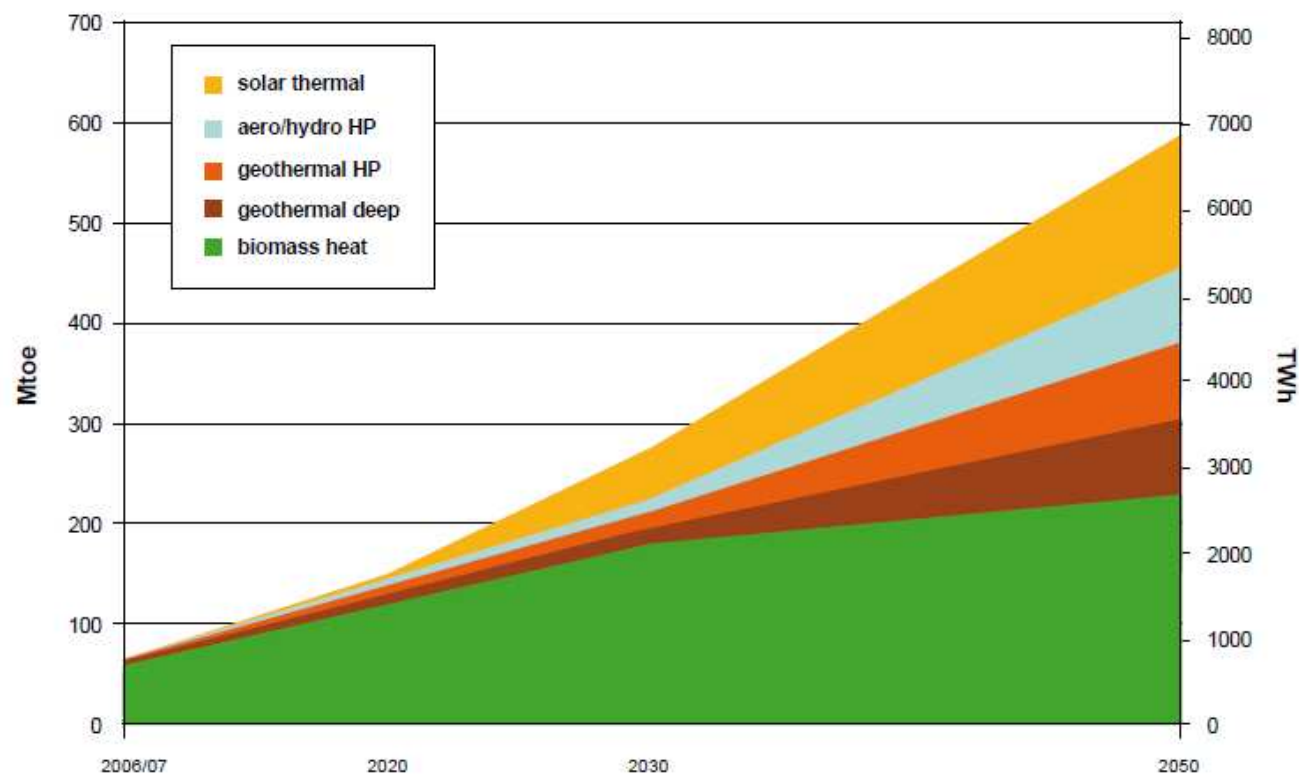
Enjeux du solaire thermique



- **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

Et en France ...

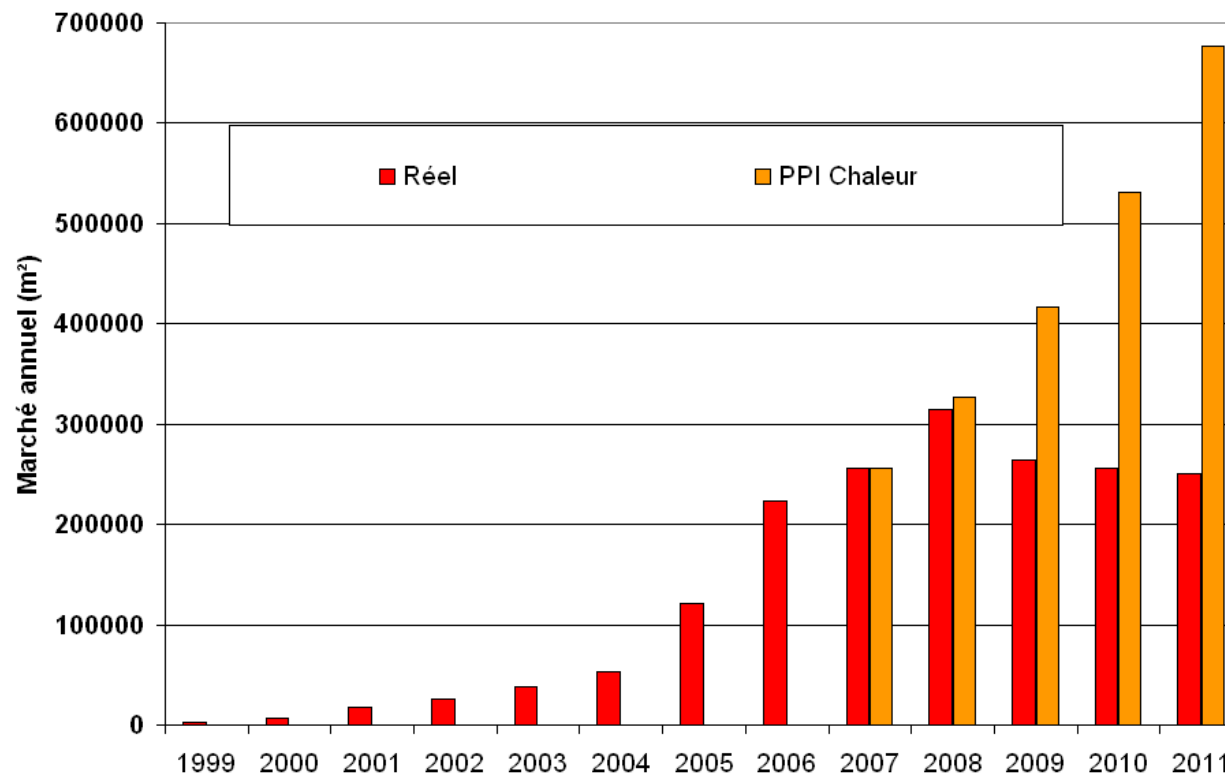


- Un engagement dans le cadre de la PPI Chaleur (publié en déc 2009)

> 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 000m²

Energie totale réseau : 42 000 MWh/an

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

Stockage (Eau) : 2000m³, soit 110MWh

Extension prévue : 50 000m²



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 m²

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 300m²

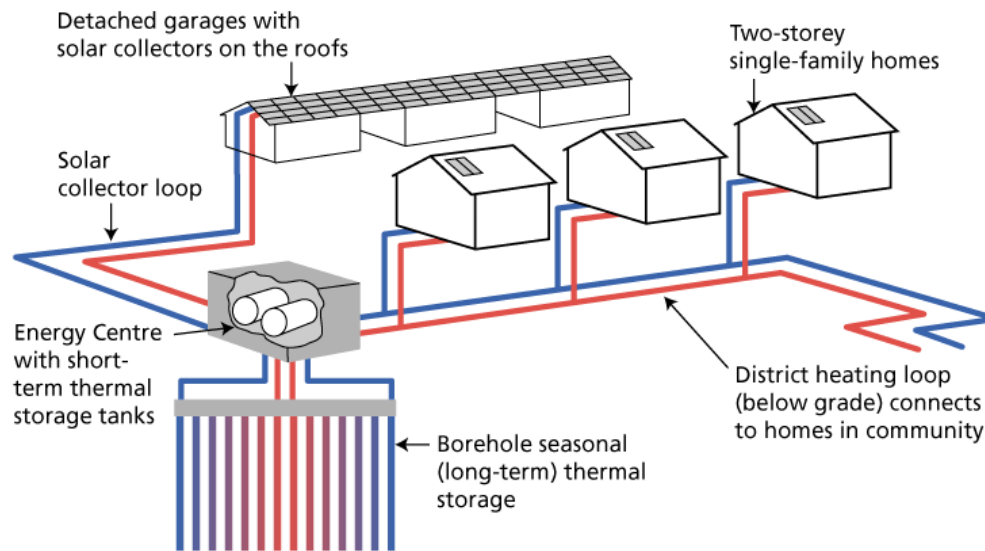
Energie totale réseau (52 maisons) : 760 MWh/an

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

Stockage

> **Court terme (eau) : 2x120m³**

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



Source : www.dlsc.ca

Un premier réseau de chaleur solaire en France !



- **Balma (France):**

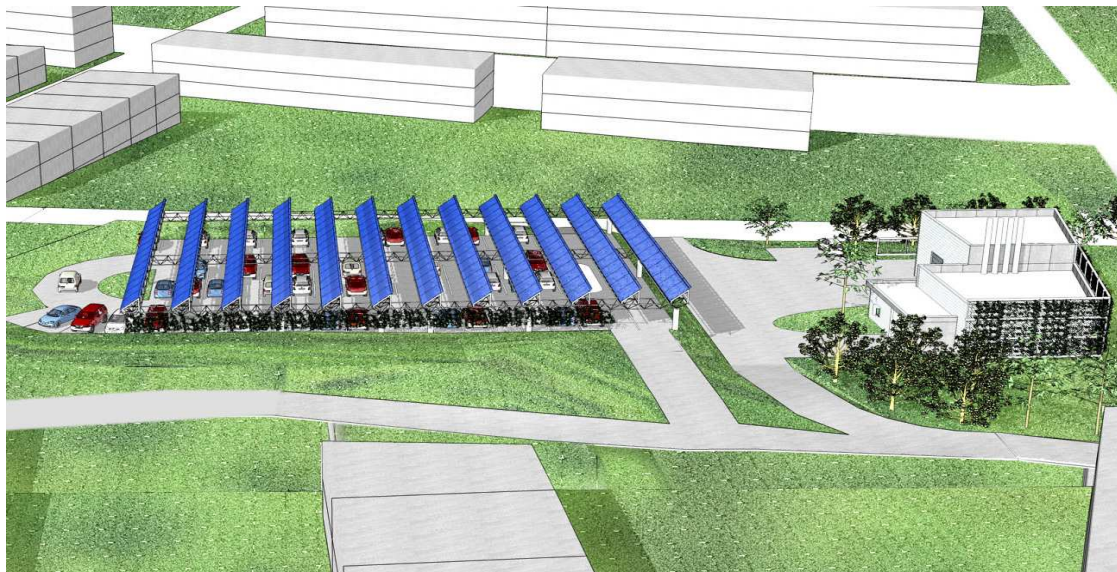
Superficie capteurs (tube sous vides) : 800m²

Taux couverture solaire prévu : 15 %

Réseau de chaleur Bois/Solaire

Bâtiments desservis : 1200 logt, 1 crèche

Mise en service : 2012



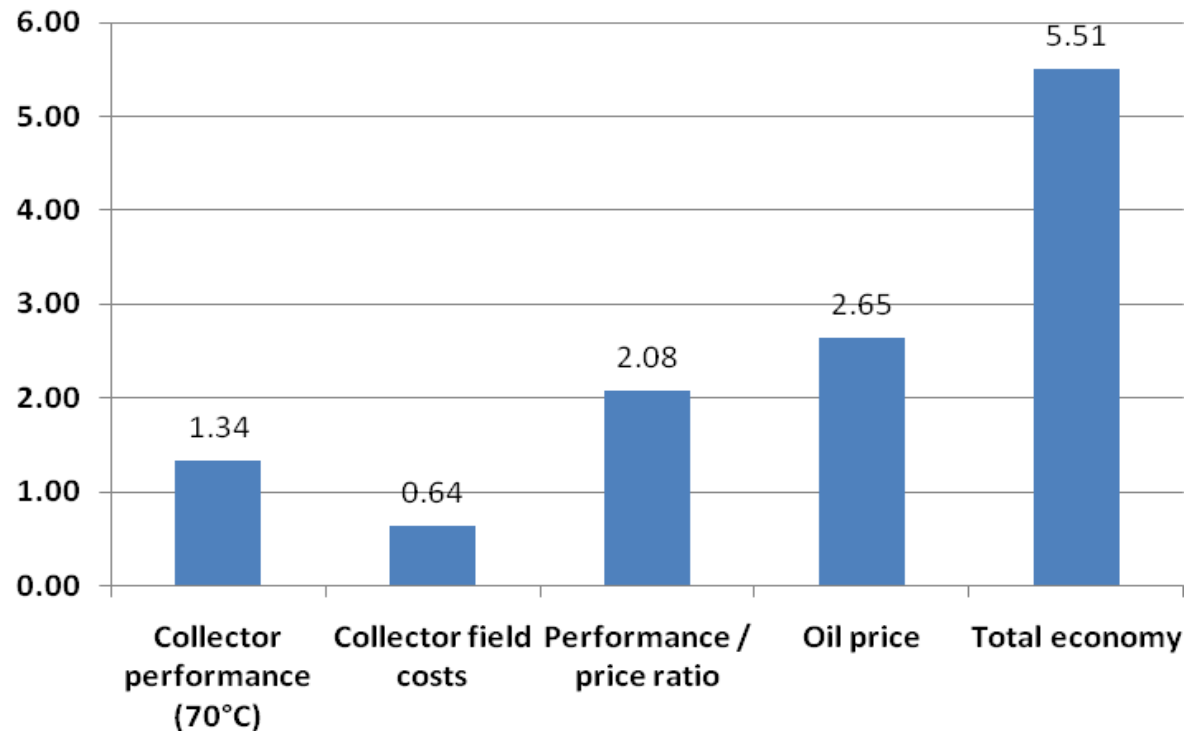
Source : SAED

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

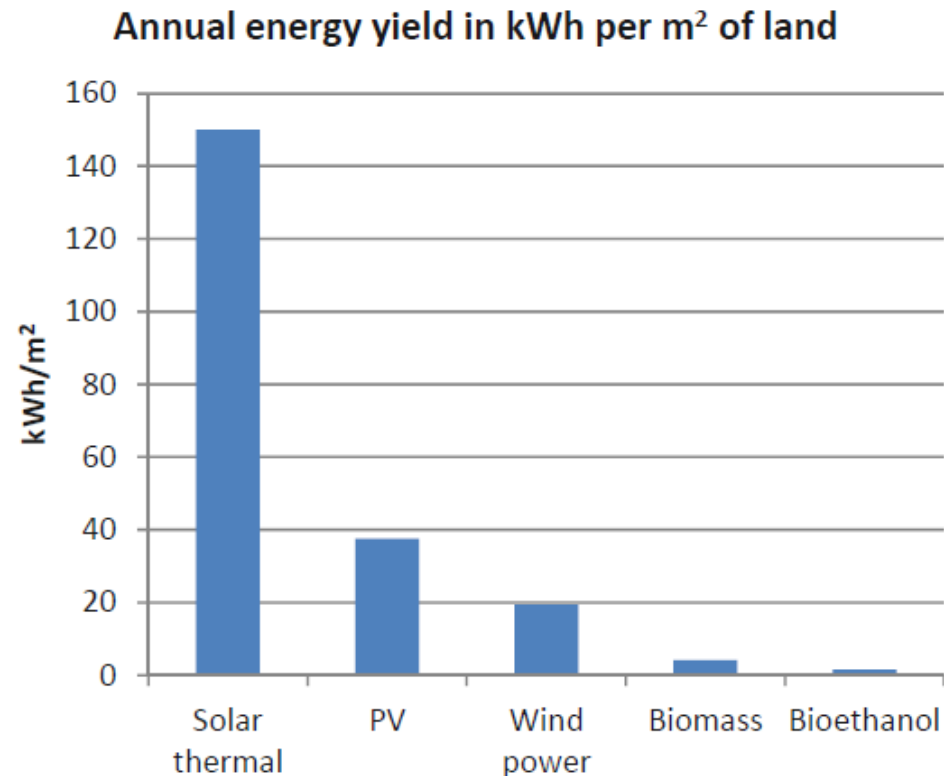
> **Diminution des coûts d'un facteur >5 en 25 ans**

Pourquoi le développement du solaire sur réseau de chaleur

- **Vision écologique**



> **Productivité solaire thermique par m² de terrain est la plus importante**



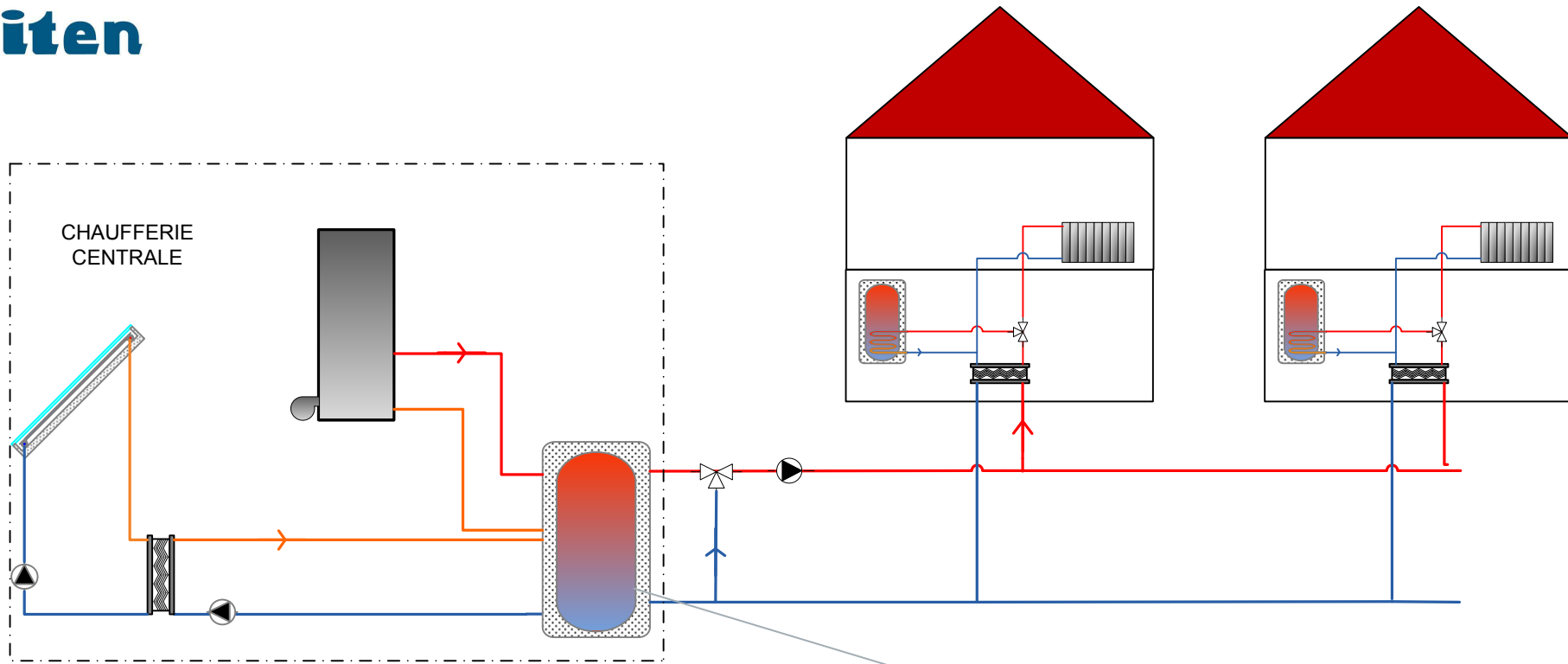
Comment intégrer le solaire sur les réseaux de chaleur

Solaire centralisé avec stockage journalier



energie atomique • énergies alternatives

liten



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

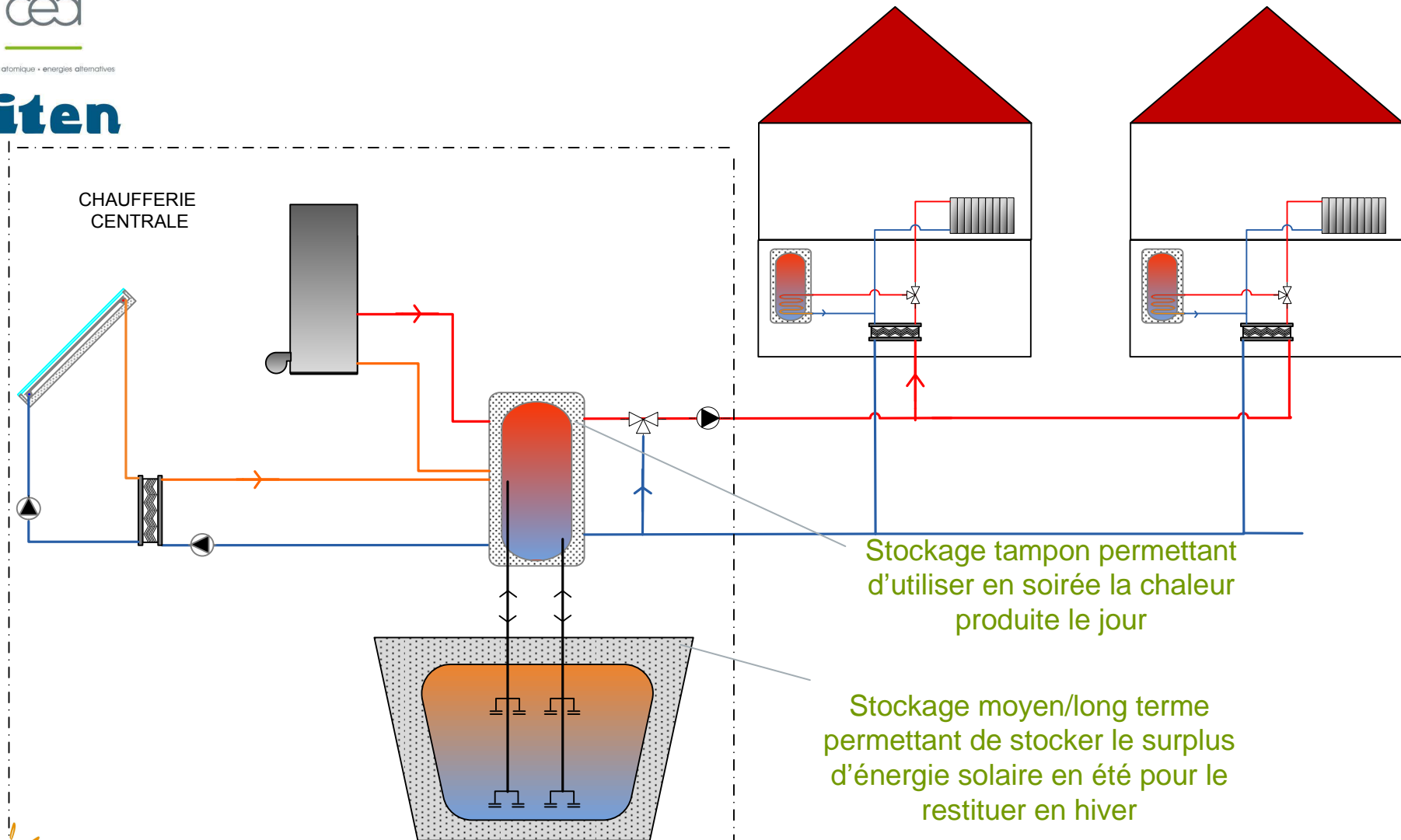
Comment intégrer le solaire sur les réseaux de chaleur

Solaire centralisé avec stockage saisonnier

cea

energie atomique • energies alternatives

liten



Comment intégrer le solaire sur les réseaux de chaleur

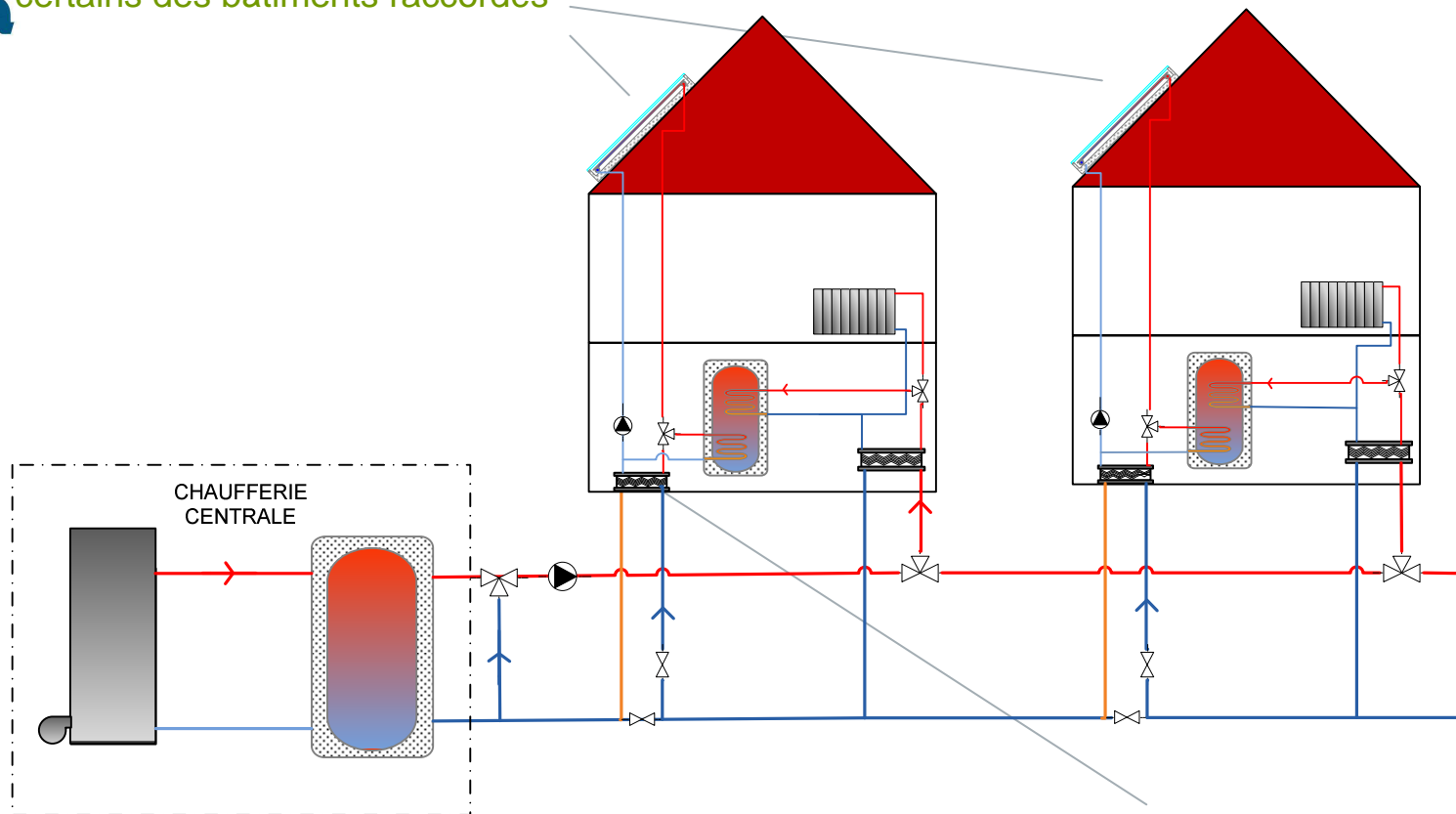
Solaire décentralisé avec stockage journalier



energie atomique • énergies alternatives

liten

Panneaux solaires en toiture de certains des bâtiments raccordés



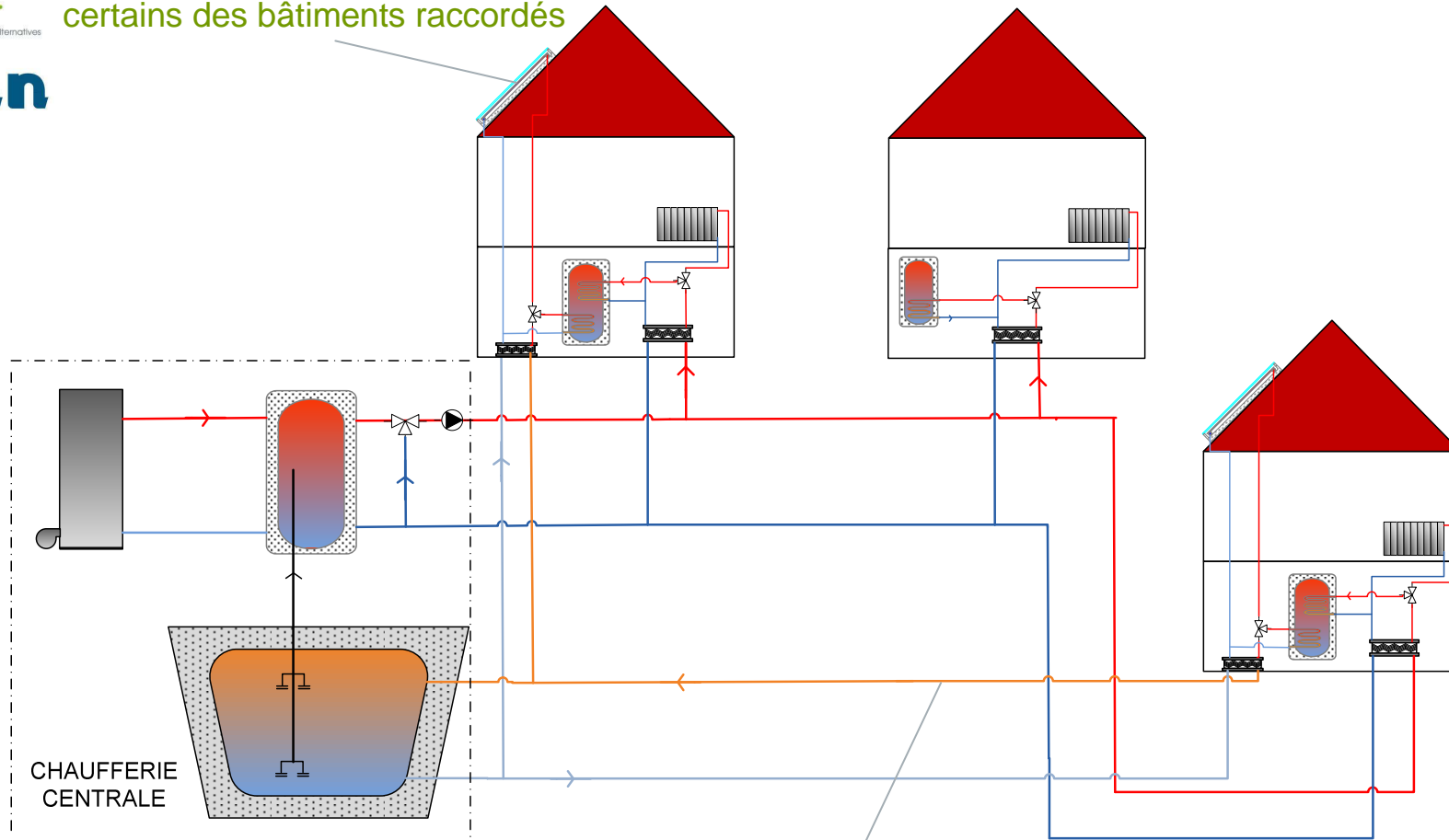
L'énergie solaire en surplus permet de réchauffer l'eau de retour du réseau

Comment intégrer le solaire sur les réseaux de chaleur

Solaire décentralisé avec stockage saisonnier



Panneaux solaires en toiture de certains des bâtiments raccordés

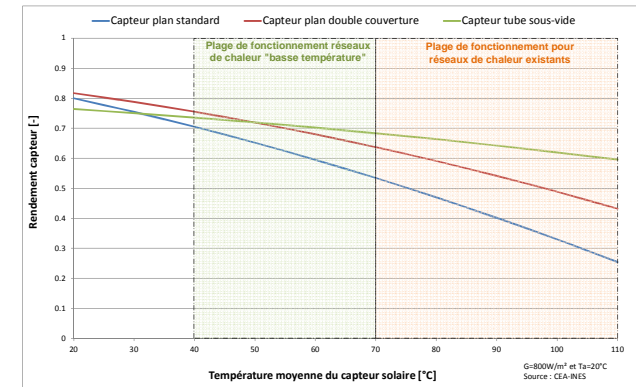


Mise en place d'un second réseau « solaire » pour centraliser l'énergie en surplus

Solaire et réseaux de chaleur : Des enjeux technologiques

- **Capteur solaire**

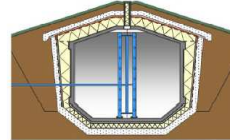
- > Grande surface de capteurs solaires
- > Efficacité accrue à haute température



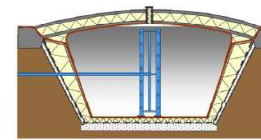
- **Stockage de l'énergie**

- > Court terme
- > Long terme

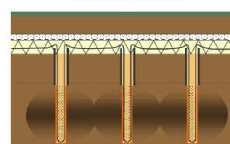
Tank thermal energy storage (TTES)
(60 to 80 kWh/m³)



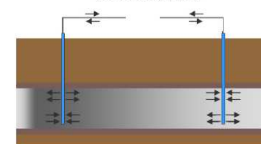
Pit thermal energy storage (PTES)
(60 to 80 kWh/m³)



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

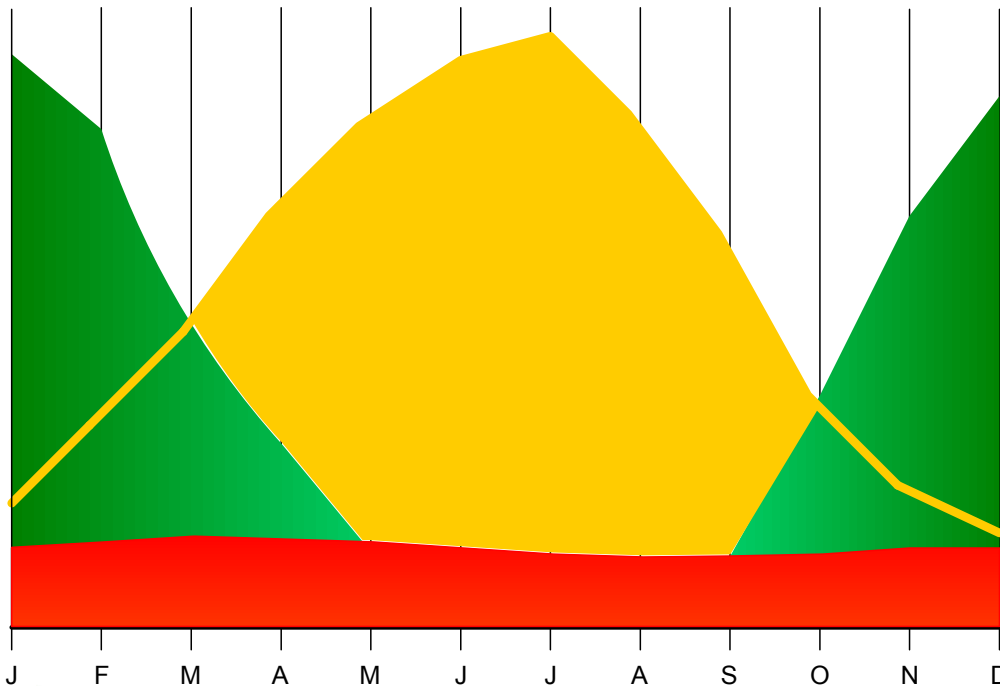


energie atomique • énergies alternatives



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

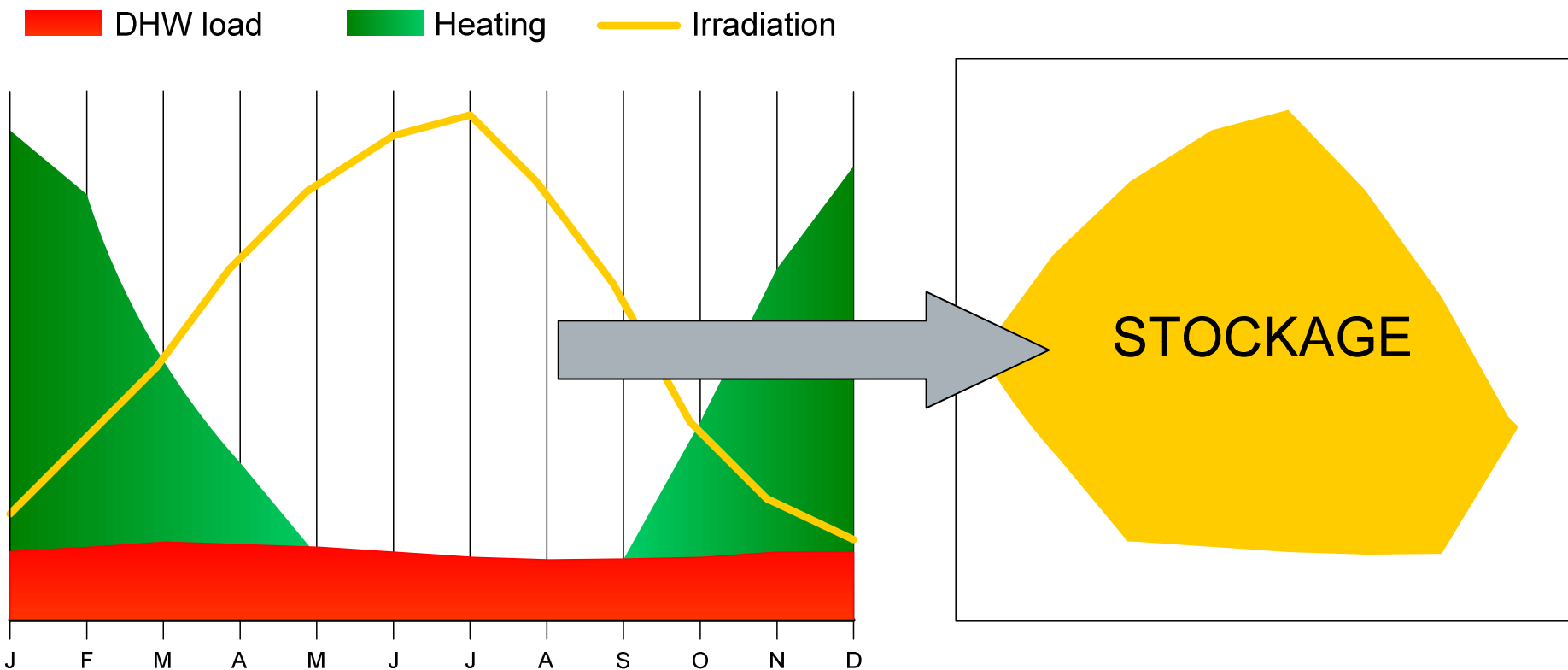
■ DHW load ■ Heating — Irradiation



Stockage de l'énergie thermique



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



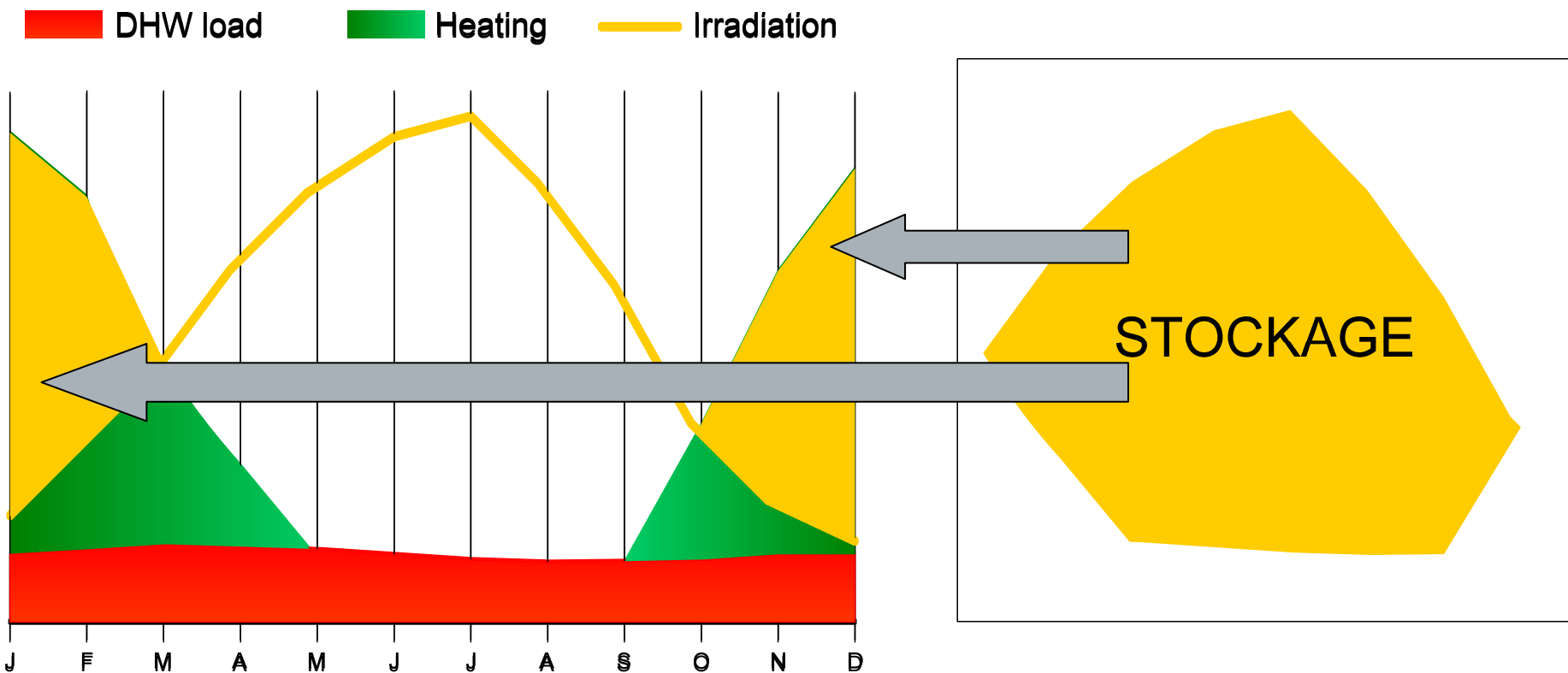
Stockage de l'énergie thermique



energie atomique • énergies 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**

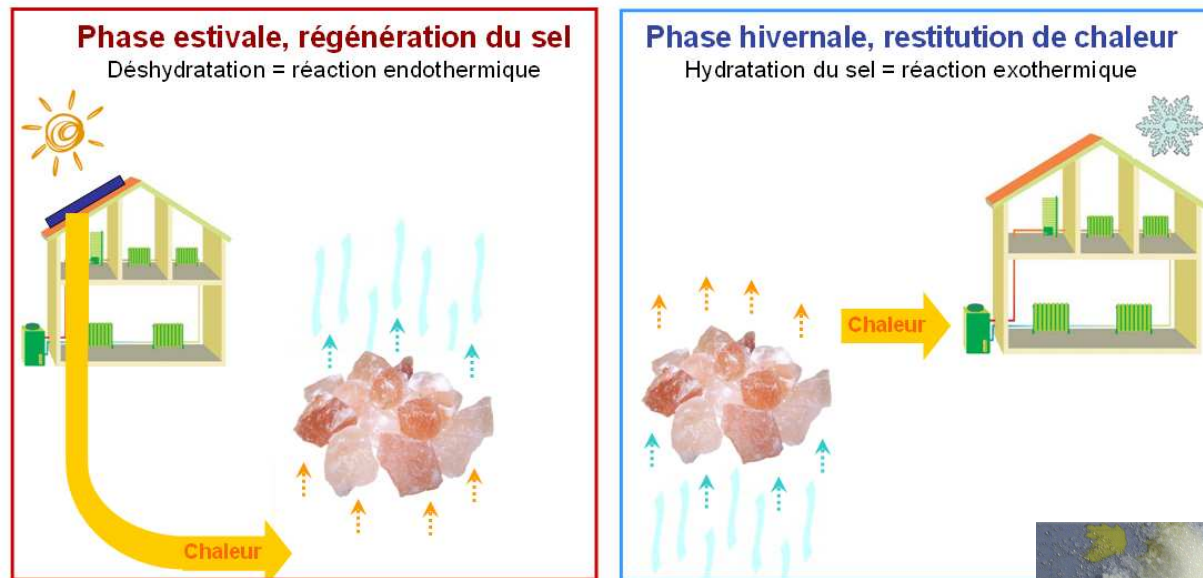
- Stockage à eau : cuve de $1 \text{ m}^3 = 2000 \text{ €}$

- Soit un investissement de 30 €/kWh stockage

Stockage thermique : Une piste intéressante



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



Stockage thermochimique : Avancée technologique



energie atomique • énergies alternatives

liten

- **Développement de 2 réacteurs pilote**
En collaboration avec PROMES
- **Principaux résultats**
 - > **Densité énergétique élevée : > 200 kWh/m³ 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 $1000 \text{ kWh} = 14 \text{ m}^3$

- 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 : $100 \text{ kWh stocké} = 50 \text{ kWh restitué}$

- Thermochimie : Peu de pertes : $100 \text{ kWh stocké} = 90 \text{ kWh restitué}$

- > **Le coût**

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

- Soit un investissement de 30 €/kWh stockage

- Thermochimie : évaluation d'investissement sur base proto : $50 \text{ à } 70 \text{ €/kWh}$ 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