

# Le stockage saisonnier de chaleur pour

## Chauffage et ECS bâti (Habitat tertiaire)

Contribution à l'atelier Montpellier Stockage Electricité Gr Grenoble Cethyl

**I - Pourquoi? Quels buts recherchés? Démarche**

**II - Comment cela marche chauffage et ECS bâtiments,  
Quel dimensionnement?**

**III - De la nécessité d'un stockage saisonnier  
Quel prix pour le stockage?**

**IV - Les techniques de stockage envisageables  
Problématique**

**Quelques Conclusions**

# Pourquoi un stockage saisonnier pour la chaleur du bati,?

*Usage du Gaz → chaleur à 70° max : piètre usage de son potentiel énergétique !*

*Usage du gaz en chaudière individuelle ou d'immeuble Capture de CO2 impossible*

**Démarche** -Réduire les EGES pour le secteur Chaleur\* (BT) pour habitat et tertiaire par utilisation de chaleur sans CO2 pour 70% des besoins au moins Chauffage + ECS

*\*environ 50% des émissions de la France.*

*Réduire par un facteur 4 ou plus les besoins de chaleur paraît mission impossible par simple réduction des consommations. En 2050 persistance d'une part importante de logements anciens.*

**A-** Nous nous sommes proposé d'étudier **Utilisation massive** de chaleurs **sans CO2**  
*Chaleurs fatales, de cogénération, chaleur directe biomasse ou nucléaire, solaire etc*

**B- Ces sources sont à utiliser en continu** *pour des besoins à forte variation saisonnière.*

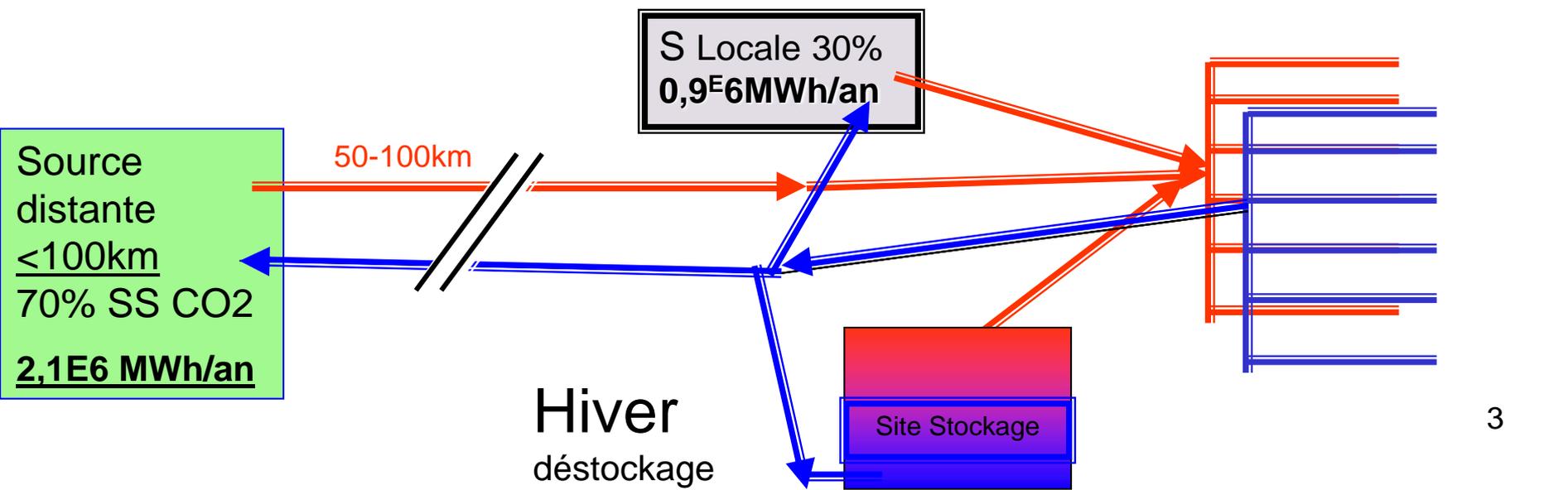
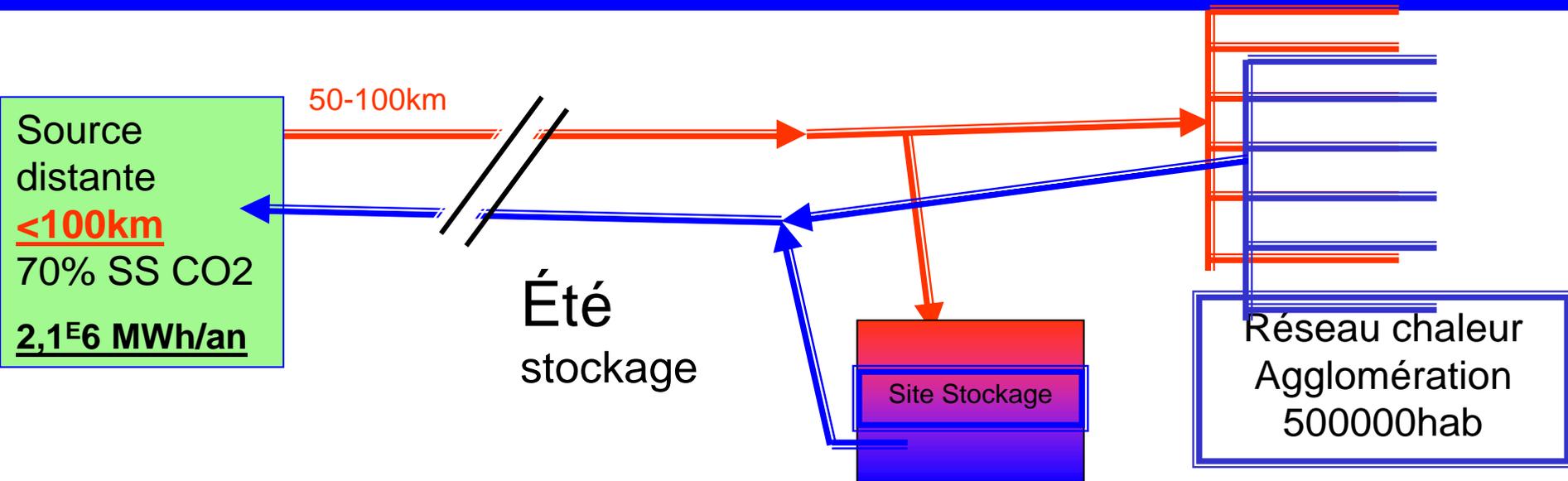
**Il faut donc stocker de la chaleur produite en été et la restituer l'hiver**

**C- Une production centralisée s'impose donc pour les grandes agglomérations.**

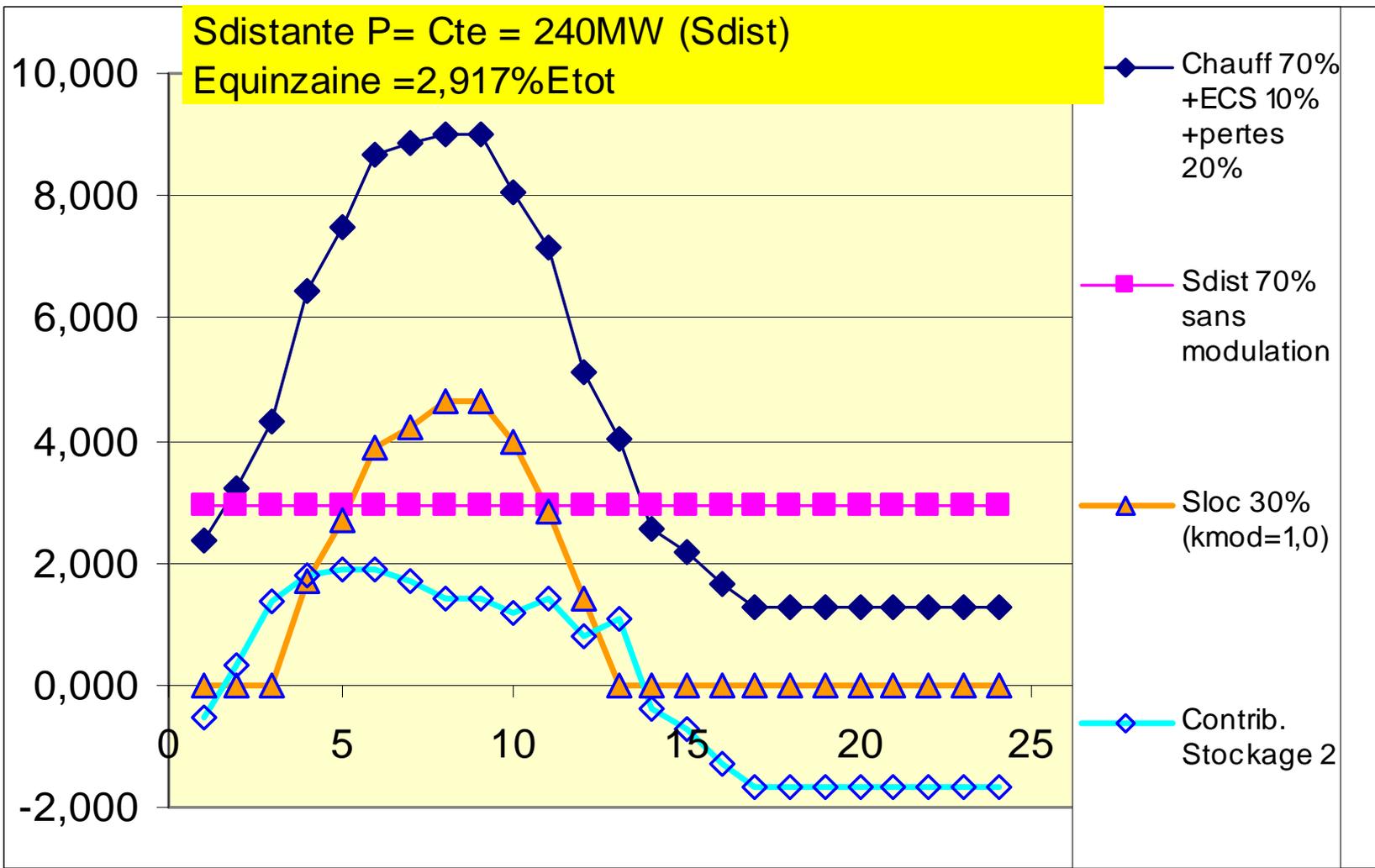
→ un réseau de chaleur pour la distribution

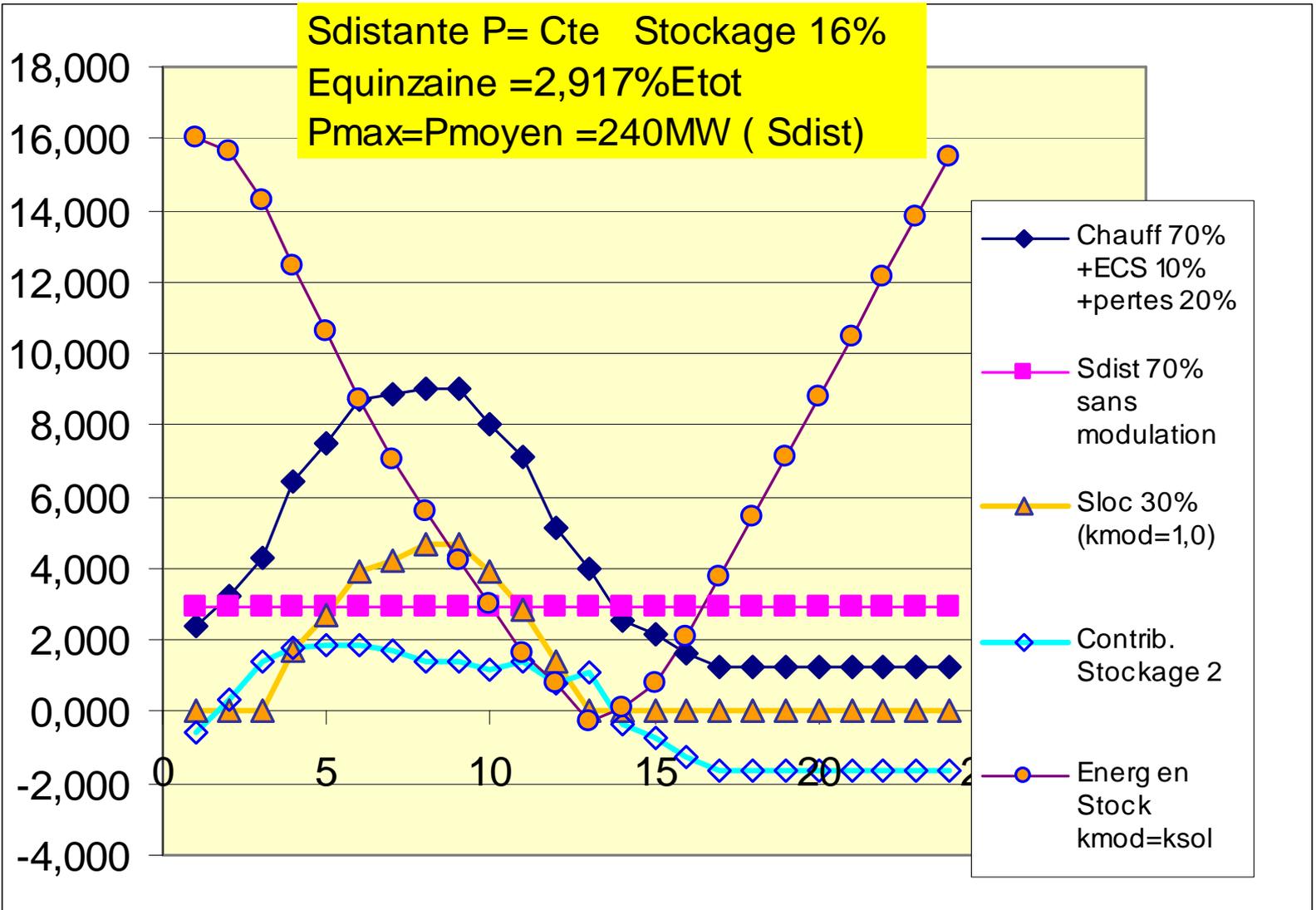
→ Transport de chaleur sur des distances de 50 à 100km

# Dimensionnement , Schéma agglomération 500 000 hab- 3 10<sup>6</sup> MWh (Chauffage habitat tertiaire et ECS, 5MWh/hab + 20% pertes)



# La consommation , les fournitures de chaleur sur l'année

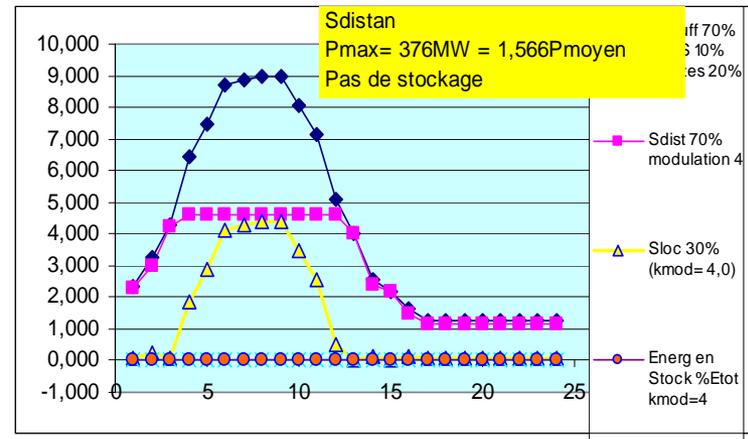
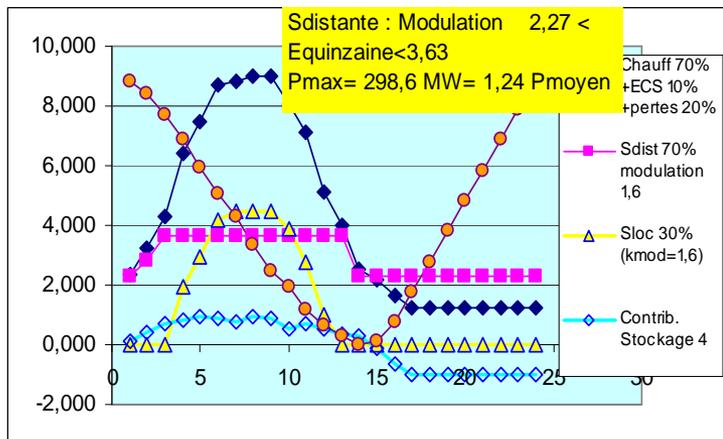
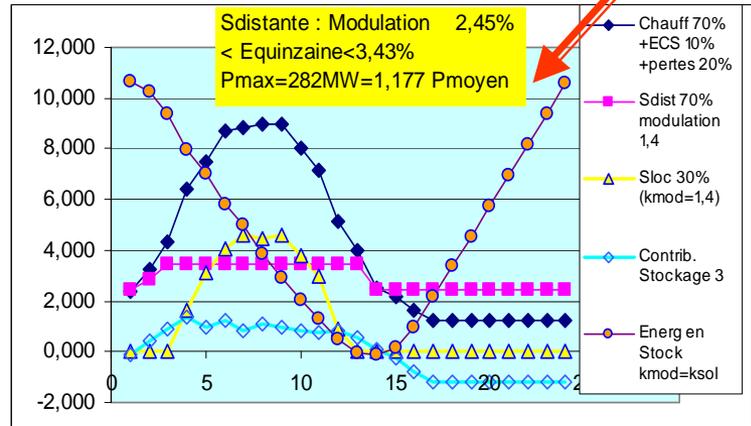
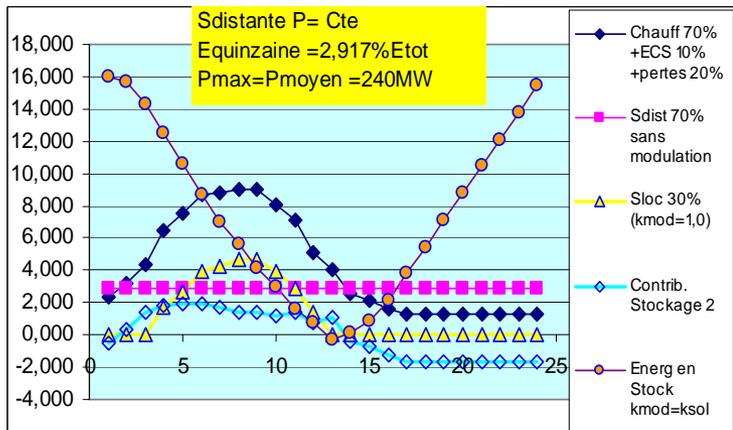




# Adaptation production demande par stockage saisonnier

## Cela peut fonctionner de différentes façons

**Modulation** de la **Source dist (SS CO2)** et **capacité de stockage nécessaire**



# Comment stocker 3 10<sup>5</sup> MWh ?

Quelques solutions envisagées pour une capacité de 10% de la conso annuelle

## I Stockage dans Eau $\Delta T = 85^{\circ}\text{C} (50^{\circ}\text{C} - 140^{\circ}\text{C}) \rightarrow 0,1 \text{ MWh} / \text{m}^3 \rightarrow \underline{3\ 106\ \text{m}^3 \text{ à } 4\ \text{bars}}$

Grande caverne , cloisonnée, Convection naturelle , stratification des températures

*Cette solution est la plus simple si le site s'y prête*

***Solution non universelle, Pb de coûts à étudier selon les sites***

## II Stockage dans sol $\Delta T = 85^{\circ}\text{C} (50^{\circ}\text{C} - 140^{\circ}\text{C}) \rightarrow 0,05 \text{ MWh} / \text{m}^3 \rightarrow \underline{6\ 106\ \text{m}^3 \text{ à } 4\ \text{bars}}$

On se limite aussi à 135°C, car les sols sédimentaires contiennent de l'eau et ne doivent pas se dessécher.

→ Environ 6<sup>E</sup>6 m<sup>3</sup> de sol ou 6ha sur une profondeur de 100 m

ou 3ha sur une profondeur de 200 m

→ Nécessité de circulation d'un fluide caloporteur 15000 à 7500 selon profondeur pour apport ou extraction de chaleur.

→ La géométrie des puits et leurs entraxes sont importantes pour que les temps de diffusion dans le sol soient adaptés aux constantes de temps fixées par les vitesses de stockage et déstockage imposées par la demande de chaleur

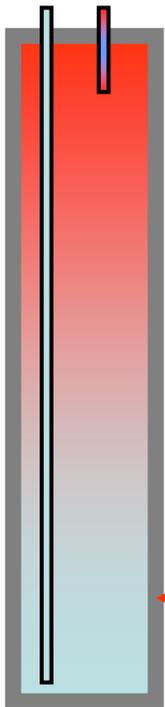
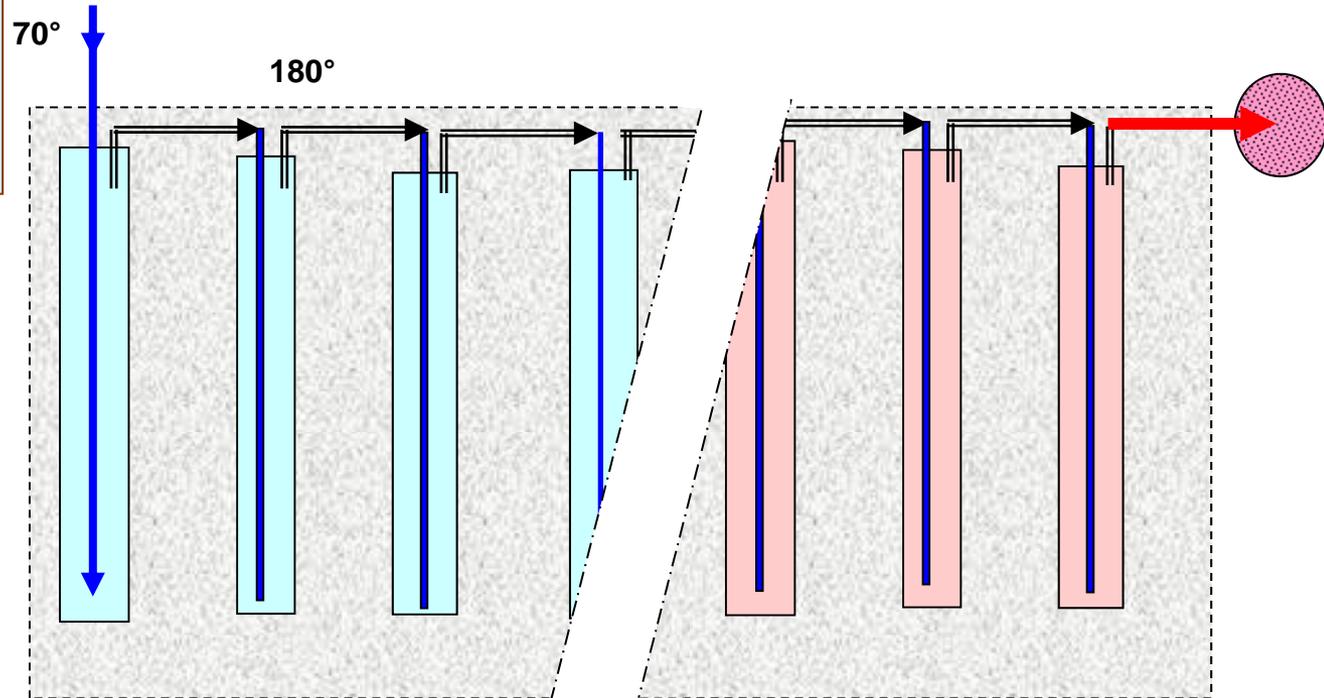
Nota : Nous avons évalué les pertes pour différentes tailles de stockage, pour le transport longue distance Ce n'est pas un problème pour des installations à partir d'environ 100000hab

# Stockage dans sol à 50 KWH/m<sup>3</sup>

## Solutions techniques

avec expérimentation et optimisation progressives.

- Dans 1 structure en Granit
- Calculs avec modules
- De h= 100 m : Entre axe : 2 m
- ; Eau : entre  $\Phi = 0.39$  m et  $\Phi = 0.286$  m



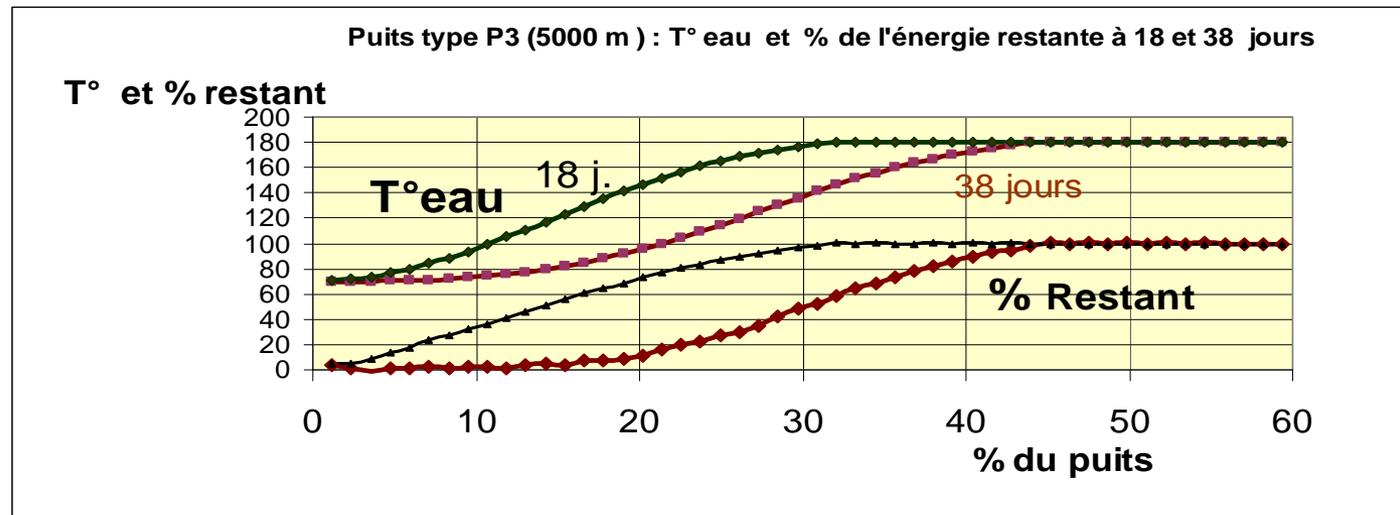
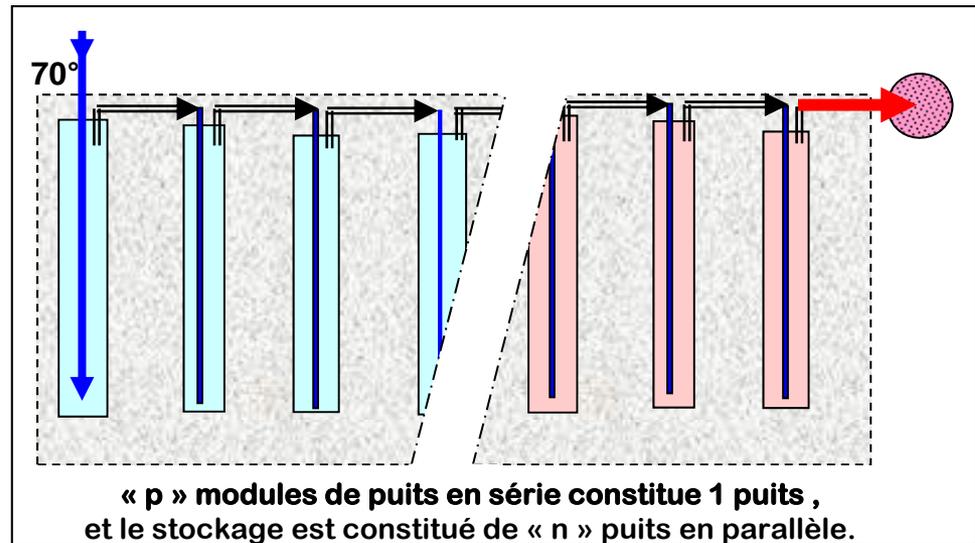
Tube béton  
étanche

# Déstockage, études thermiques (Stockage type 2)

15000 puits h= 100m sur 6ha

Exploitation de puits en séries de 60

Cout d'un puits équipé doit être inférieur à 10000€



Les différentes structures de puits donnent, en valeurs relatives, des courbes très voisines

# Contraintes de coûts sur le stockage

## Principe de l'évaluation

La modulation +ou- forte de la source distante permettait de faire varier la capacité de stockage nécessaire et même de la rendre nulle ou presque

Principe de l'optimisation:

On pose que le coût de la chaleur avec ou sans stockage doit être le même

→ Solution sans stockage: Modulation source sans CO2 : 1,57

→ Solution avec stockage de 10% Modulation source sans CO2 : 1,17

On va donc supposer que

- **Sans stockage** le prix de fourniture de la chaleur sans CO2 est majoré de 1,57 facteur qui tient compte de la surcapacité nécessaire, des contraintes de dimensionnement pour le transport de la source au réseau de chaleur
- **Avec stockage de 10%**, le prix de fourniture de la chaleur sans CO2 est majoré de 1,17
- **On calcul le gain financier annuel** qui doit couvrir les dépenses de **fonctionnement et l'amortissement** de l'investissement pour le stockage

-

# Le coût max par MWH stocké

*On n'est pas obligé de stocker à n'importe quel prix*

Chaleur sans CO2: 20€/MWH en production continue

Si production modulée : 20€/MWh \*(Pmax/Pmoyenne)

Le coût sans stockage est donc de  $1,57 * 20 = 31,4 \text{ €/MWh}$

Le coût avec stockage( 10%) est de  $1,17 * 20 = 23,5 \text{ €/MWh}$

Le gain annuel avec stockage sur la fourniture de chaleur est de  
 $70\% * 3 \text{ E}6 * (31,4 - 23,5) = 16,6 \text{ E}6 \text{ €}$ ; 4E6 pour fonctionnement  
et 12,6 E6 pour amortissement

Ce qui correspond a un investissement de 190M€ soit 12600 € / puits

Nous pensons que cela est tout à fait jouable.

Par ailleurs il y a un gain certain en efficacité énergétique avec stockage car l'utilisation de chaleur fatales est rendue possible.

# Quelques conclusions

**Utilisation massive de chaleurs sans CO2 Identification de points importants**

→ Pas de problème de pertes pour transport ou stockage  
dés lors que la population desservie est urbaine et > 100 000 hab

→ **Un investissement de l'ordre de 750 M€ pour 500 000 hab**  
1500€/hab- 6000€/famille (4) =( Prix d'une chaudière installée avec entretien, à changer tous après 20 ans

→ **Un prix très compétitif sans taxe CO2**, même en période d'amortissement (30ans)  
(ref Prix du gaz actuel)

→ **Peut être envisagé avec ou sans stockage saisonnier** avec qq restrictions)  
**Mais celui-ci est un facteur d'efficacité énergétique important** dans ts les cas

→ Pas de problème techniques en général

**Mais le point important à optimiser c'est Le stockage saisonnier de chaleur :**

# Mais le point important à optimiser est Le stockage saisonnier de chaleur :

→ Le stockage d'énergie à grande échelle n'est pas une petite affaire, Mais c'est envisageable techniquement et économiquement. →  
**nécessité de R&D** avec moyens de simulation importants et une technicité spécifique ( ouvrages souterrains et thermique, évaluation des couts)

→ .Une optimisation nécessaire pour investissement et exploitation pour obtenir une solution économiquement viable

→ Toutes nos pré -études montrent que les difficultés peuvent être surmontées  
Constantes de temps pour stockage destockage controlé par diametre et entraxes des forages

Réinitialisation des conditions de fonctionnement.

Dessèchement du sol 0,05 MWh /m<sup>3</sup> de sol  $\Delta T = 85^{\circ}\text{C} = 135 - 50^{\circ}\text{C} \rightarrow P = 3$   
à 4 bars

Protection du volume de stockage contre les circulations d'eau souterraines  
Gestion ou Réparation des puits défectueux

Le stockage d'énergie à grande échelle n'est pas une petite affaire, nécessité de R&D avec moyens de simulation importants

.

C'est un projet à proposer pour PR ou comme une action ANR

Notons que les solutions sans stockage ne sont pas satisfaisante non plus, car elles conduisent à des gaspillages de sources de chaleur fatales

Sans stockage il nous semble que la plupart des sources de chaleur fatales sont quasi inutilisables.