

Journée thématique IBPSA France – SFT

21 mars 2006

**Intégration énergétique dans les bâtiments
Utilisation combinée de l'énergie solaire
et de la géothermie basse température**

Valentin TRILLAT-BERDAL, Bernard SOUYRI, Gilbert ACHARD

LOCIE, ESIGEC - Université de Savoie, Le BOURGET du LAC, FRANCE

Partenaires du projet

1 laboratoire

Laboratoire Optimisation de la Conception et
Ingénierie de l'Environnement (LOCIE)

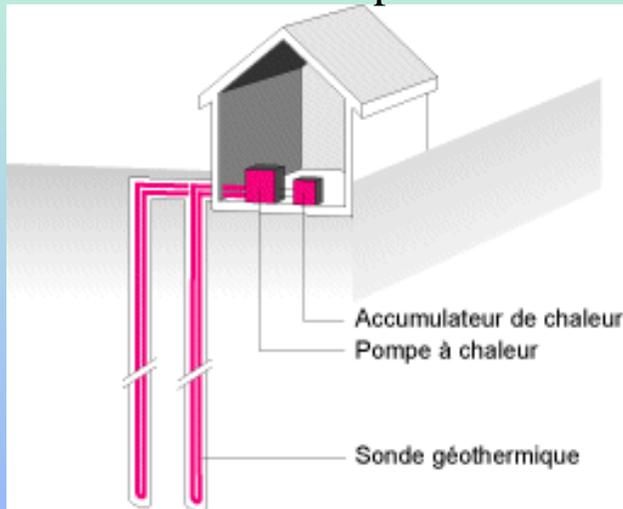
3 partenaires industriels

- **ECO'Alternative** : conçoit et installe des solutions énergétiques associant des énergies renouvelables ;
- **CIAT** : fabrique et commercialise des produits de climatisation, réfrigération et traitement de l'air ;
- **CLIPSOL** : conçoit et fabrique des équipements solaires

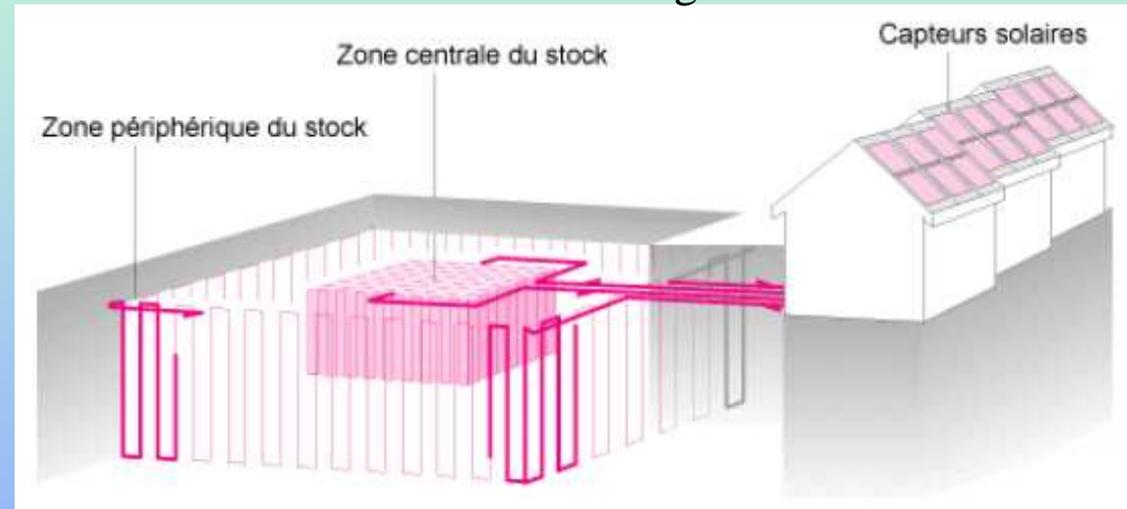


1- Géothermie basse température à échangeurs enterrés verticaux

Installation individuelle
volume de sol « infini »
autour des puits



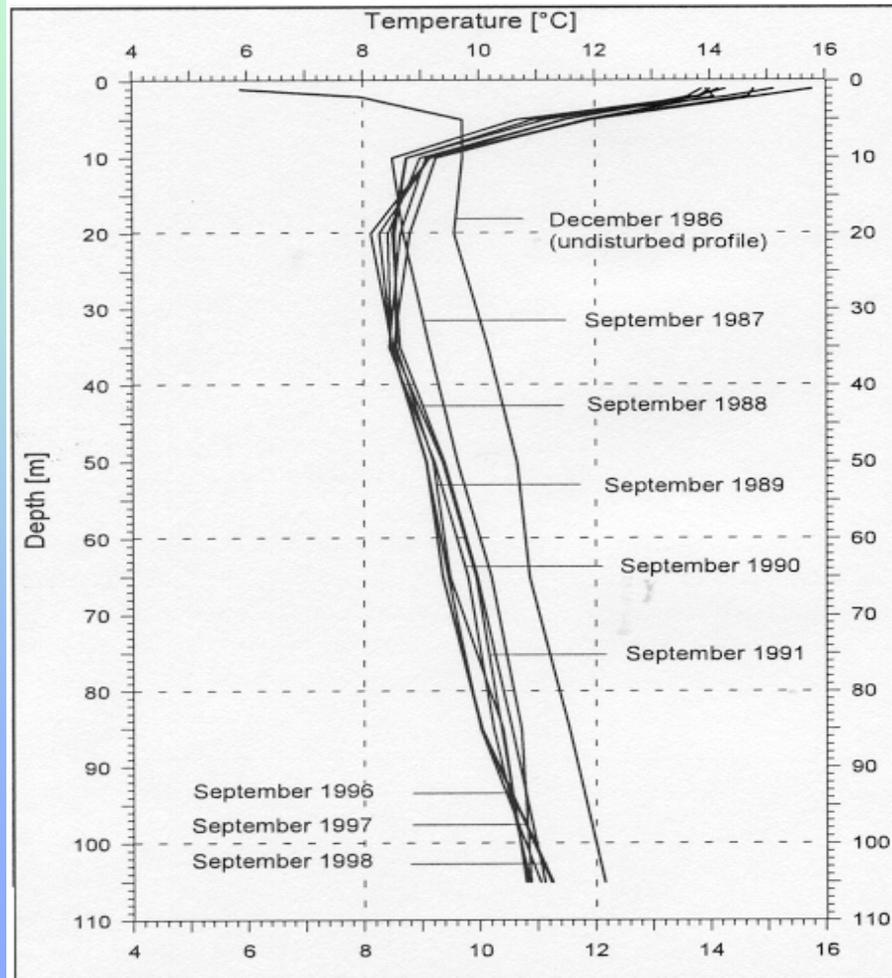
Installation collective
le noyau de la zone d'échange
doit être rechargé



Avantages : la surface de terrain mobilisée est faible ; la température du sol en dessous de 10 mètres de profondeur augmente ; les performances énergétiques de la PAC sont stables tout au long de l'année

Inconvénients : coût des forages élevé

Evolution de la température du sol à une distance d'un mètre d'un échangeur enterré vertical



Ref : M. Eugster, L. Rybach

Sustainable production from borehole heat exchanger systems, 2000, Proceeding World Geothermal Congress, p. 825-830

1- Pourquoi le procédé GEOSOL ?

Energies solaire et géothermique

2 sources d'énergie renouvelable disponibles en tout lieu, mais sous-exploitées

Le niveau de température dans le sol n'est pas stable à long terme :
diminution possible des performances énergétiques

Procédé  GEOSOL

Combiner énergies solaire et géothermique dans le but :

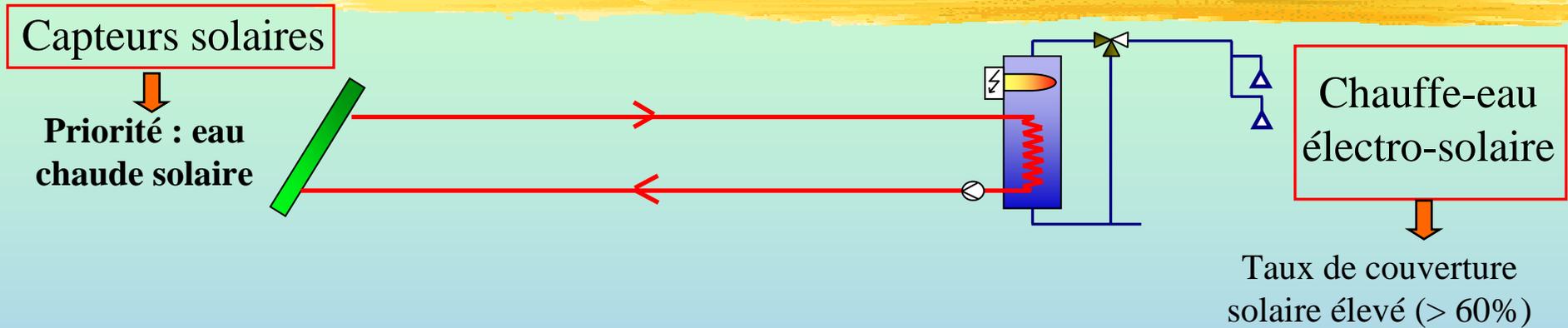
- Exploiter le surplus d'énergie solaire en l'injectant dans le sol pour favoriser sa recharge thermique, et éviter les problèmes de surchauffe des capteurs ;
- Diminuer le temps de fonctionnement de la PAC grâce à un fonctionnement en plancher solaire direct (PSD) plus économe en énergie.

2 - Description du procédé GEOSOL

Présentation du schéma hydraulique et
des différents modes de fonctionnement

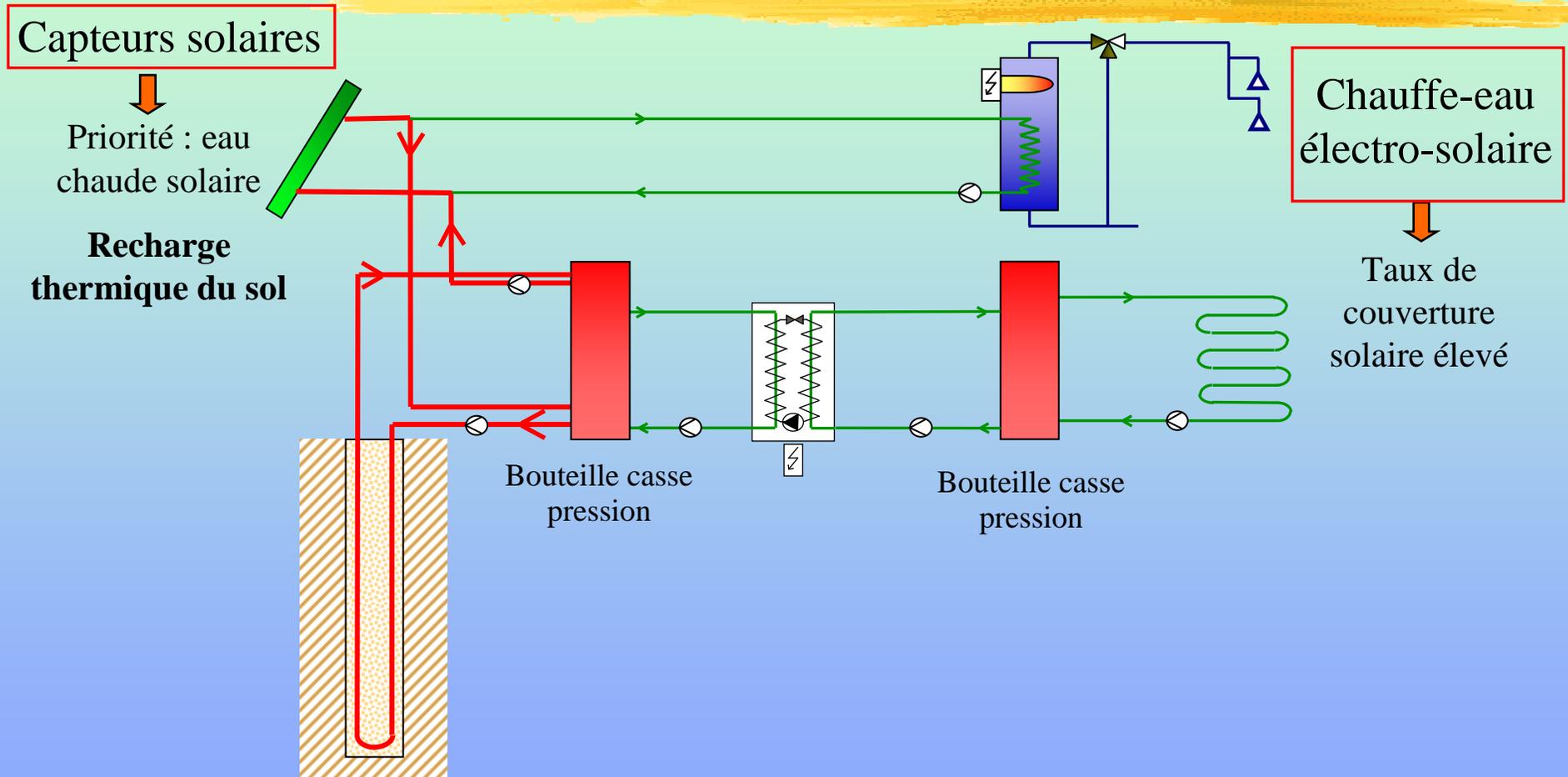
2 - Description du procédé GEOSOL

Chauffage solaire de l'eau chaude sanitaire



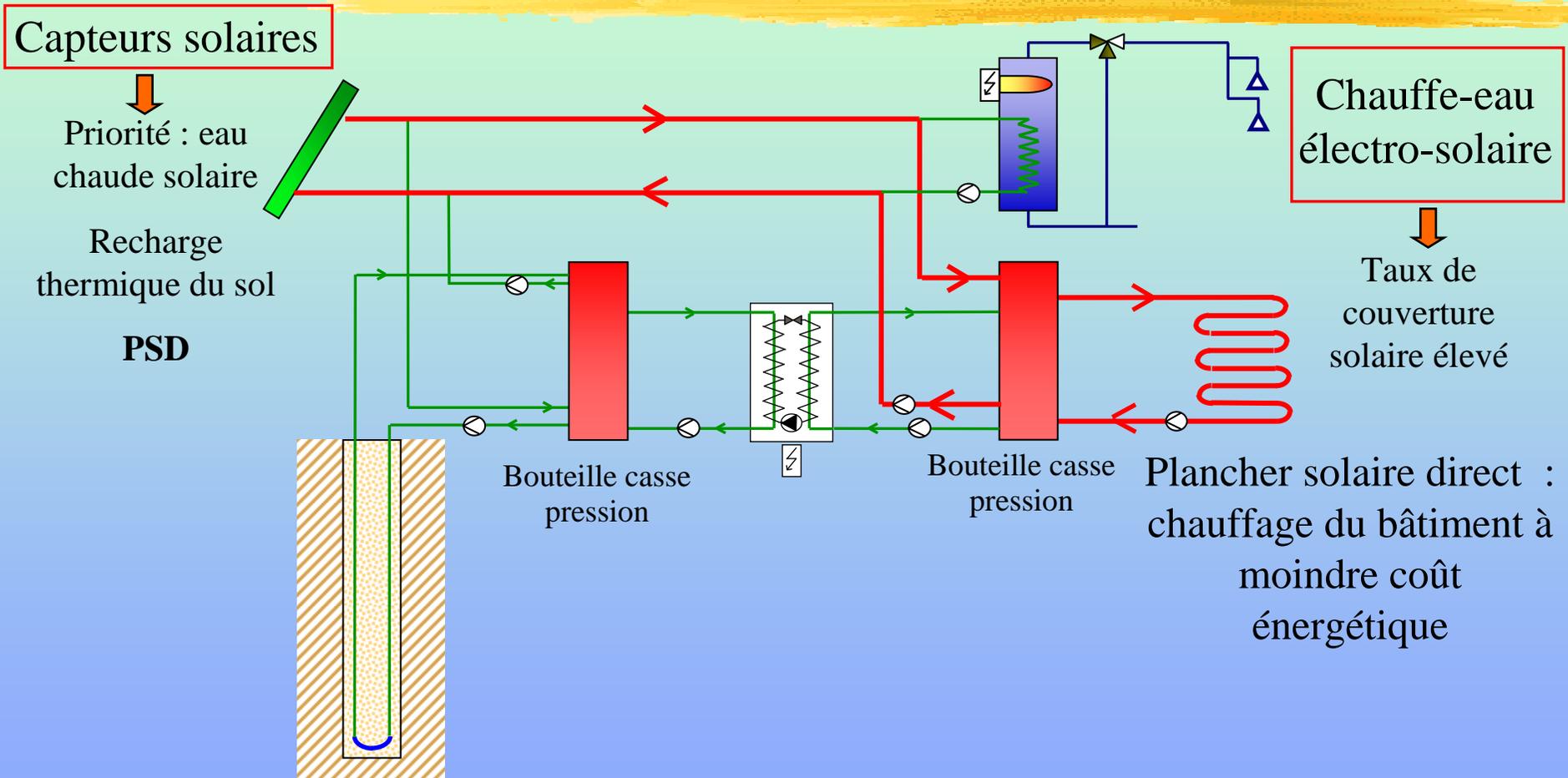
2 - Description du procédé GEOSOL

Recharge thermique du sol - boucle de décharge



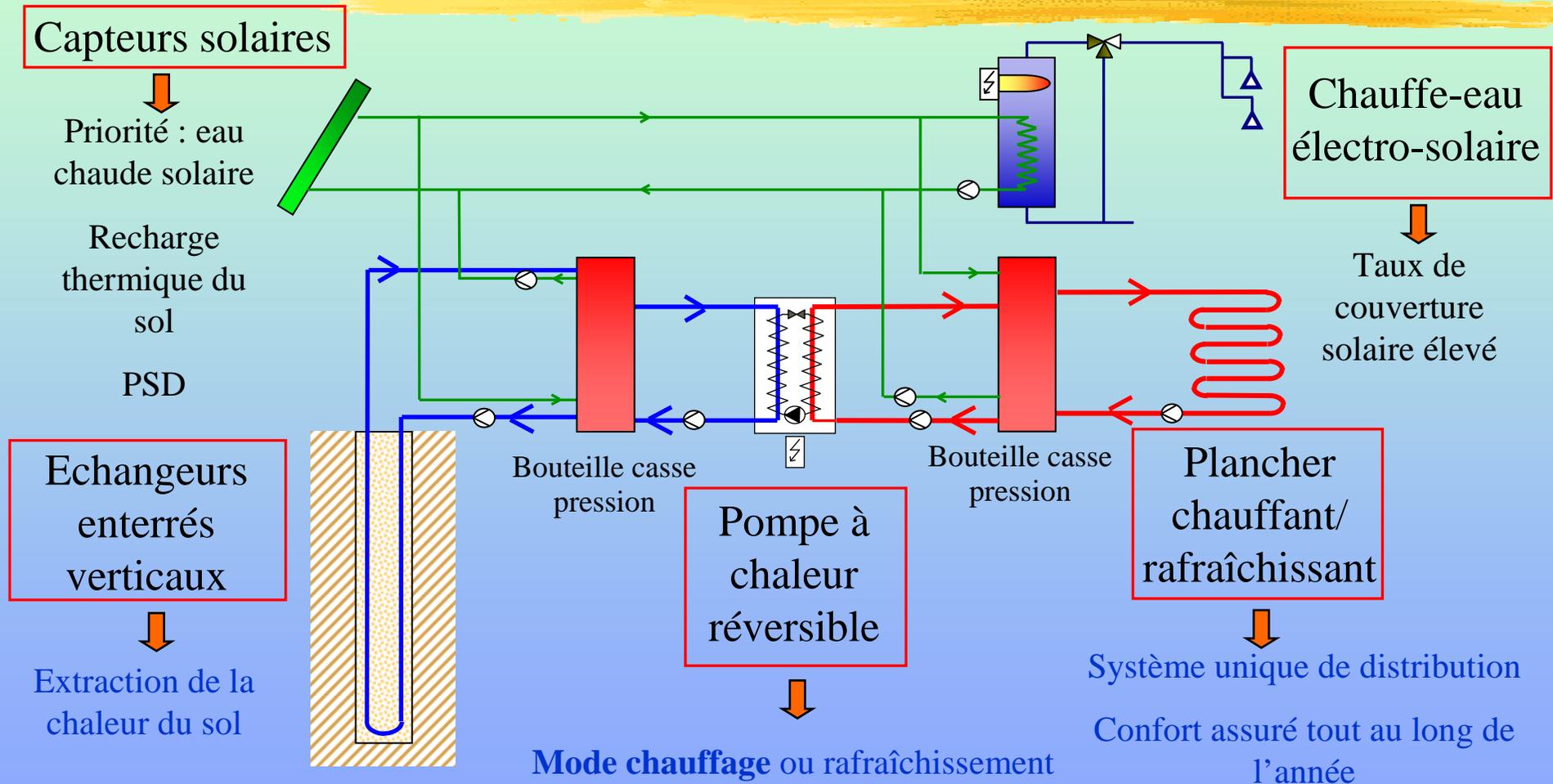
2 - Description du procédé GEOSOL

Plancher solaire direct



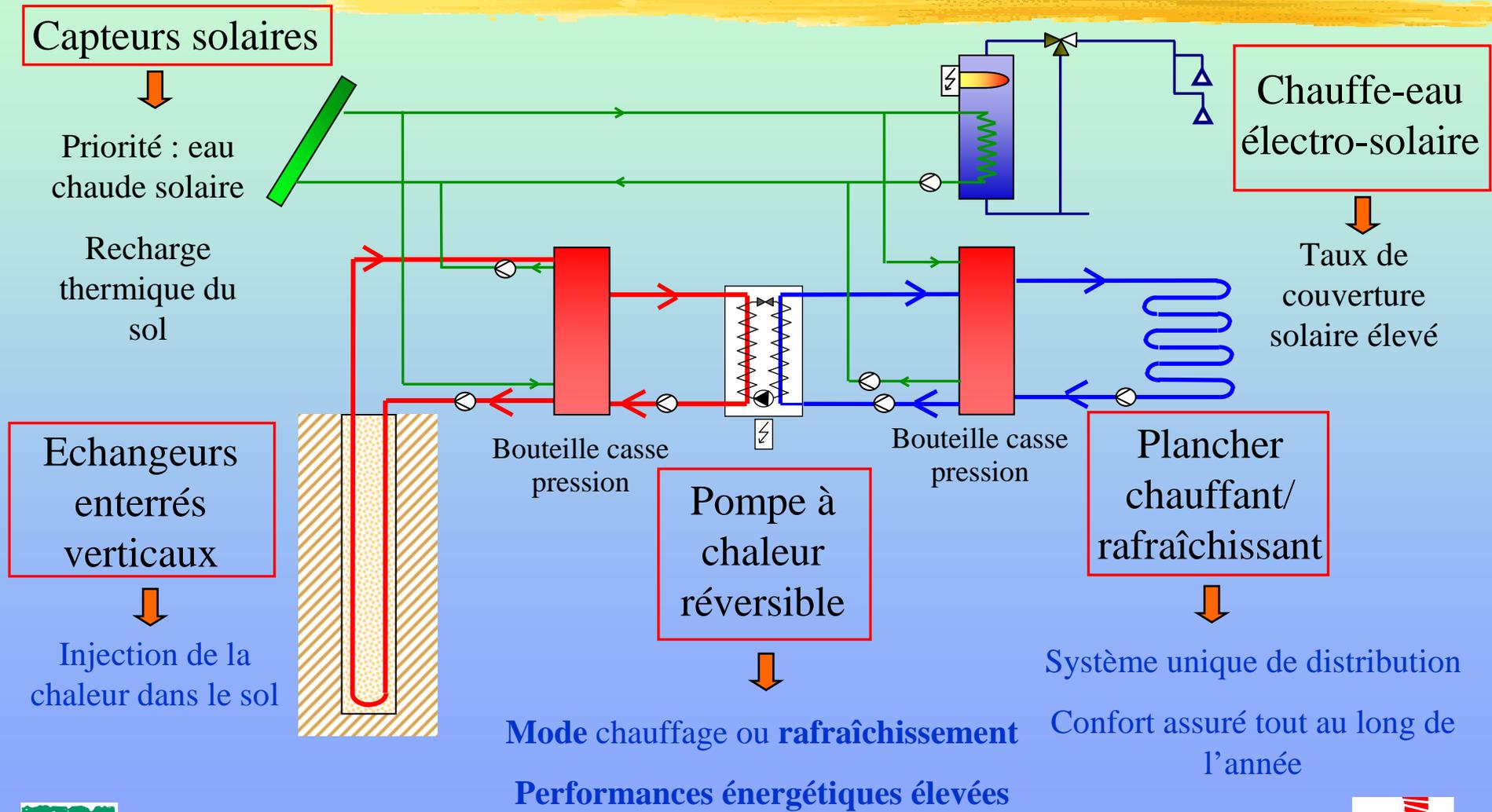
2 - Description du procédé GEOSOL

Mode chauffage de la pompe à chaleur



2 - Description du procédé GEOSOL

Mode rafraîchissement de la pompe à chaleur



3 - Etude expérimentale

Installation du procédé GEOSOL

**Le procédé est testé dans une maison
individuelle de 180 m²
depuis octobre 2004**

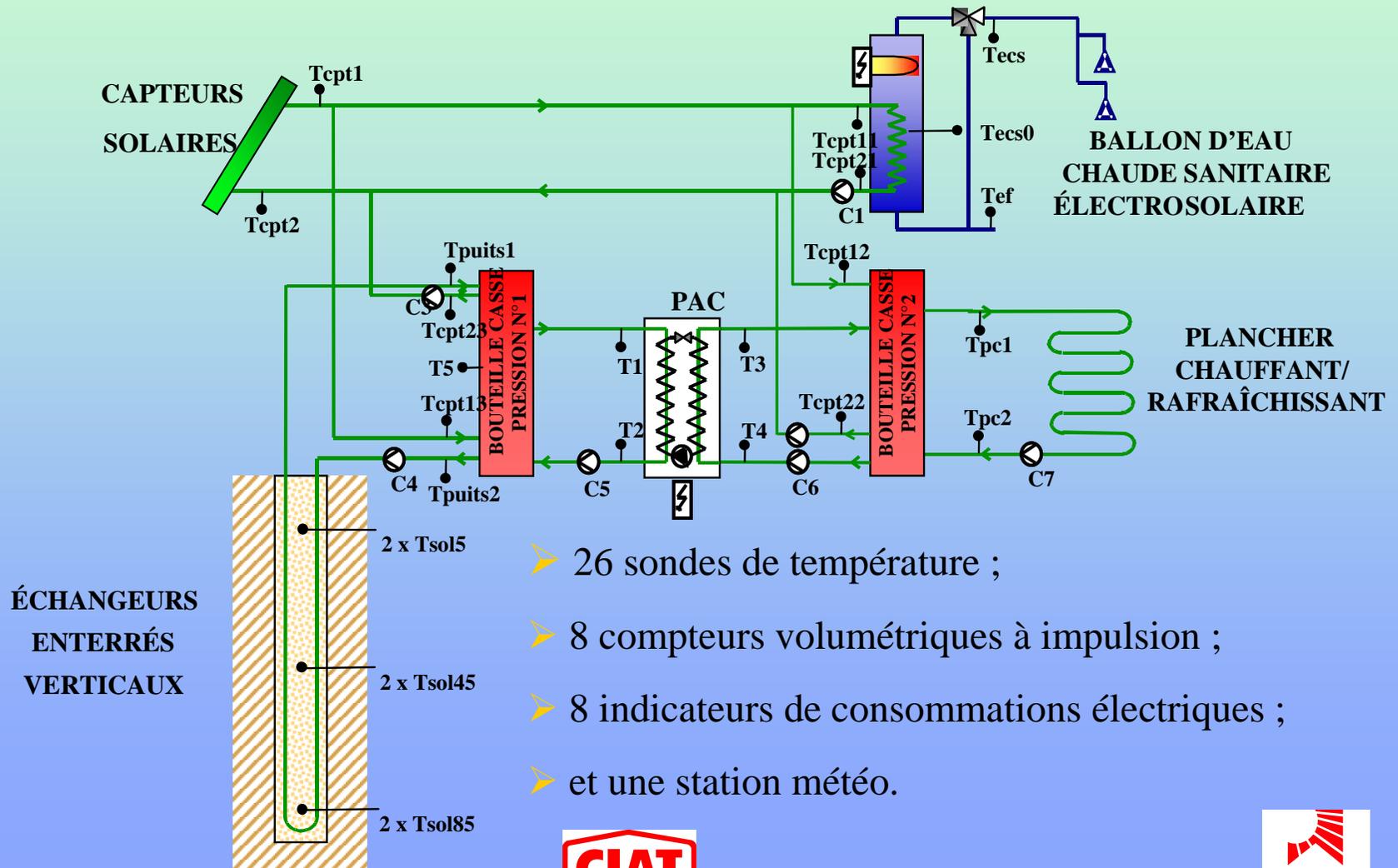
Description de l'installation :

- une pompe à chaleur (CIAT Auréa 60Z) ;
- deux échangeurs enterrés verticaux de 90 m de profondeur ;
- émetteur basse température de type plancher chauffant ;
- 12 m² de capteurs solaires thermiques surdimensionnés par rapport à la seule production d'eau chaude sanitaire ;
- un ballon d'eau chaude électro-solaire de 500 l ;
- deux bouteilles casse-pression de 50 l.



3 - Etude expérimentale

Equipement métrologique

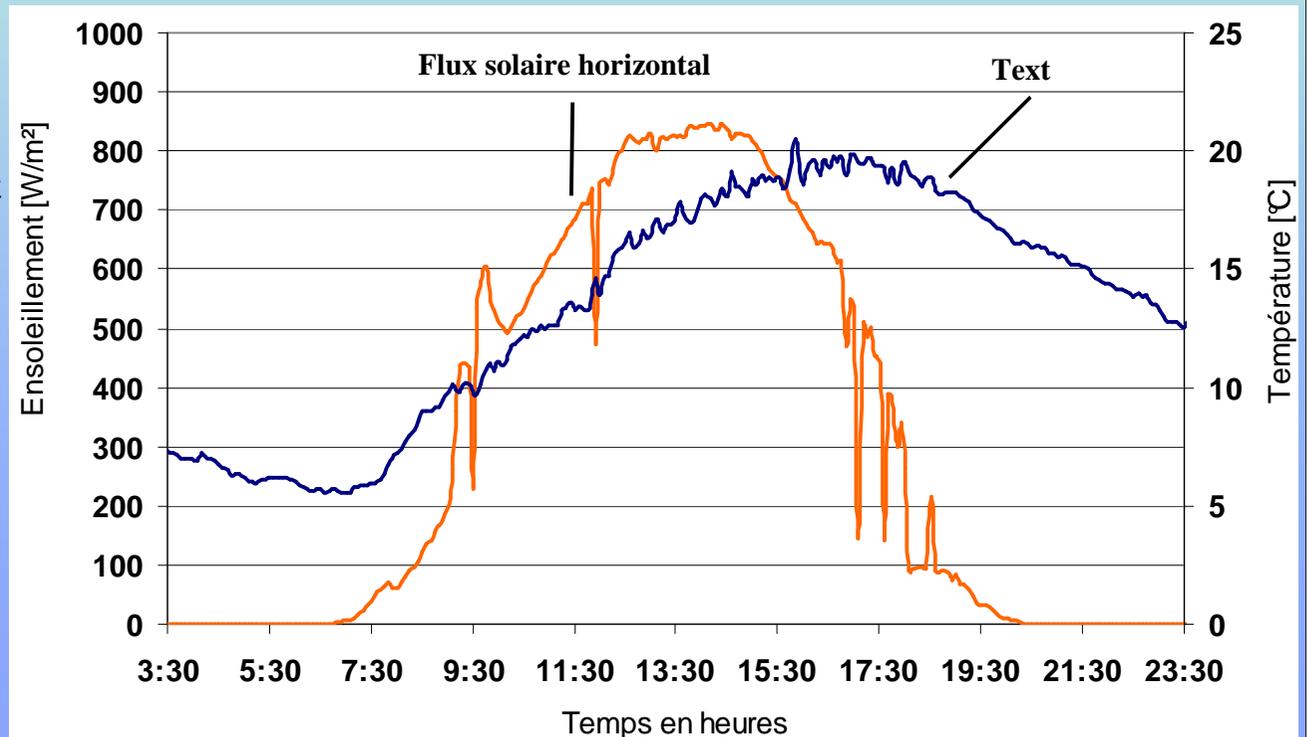
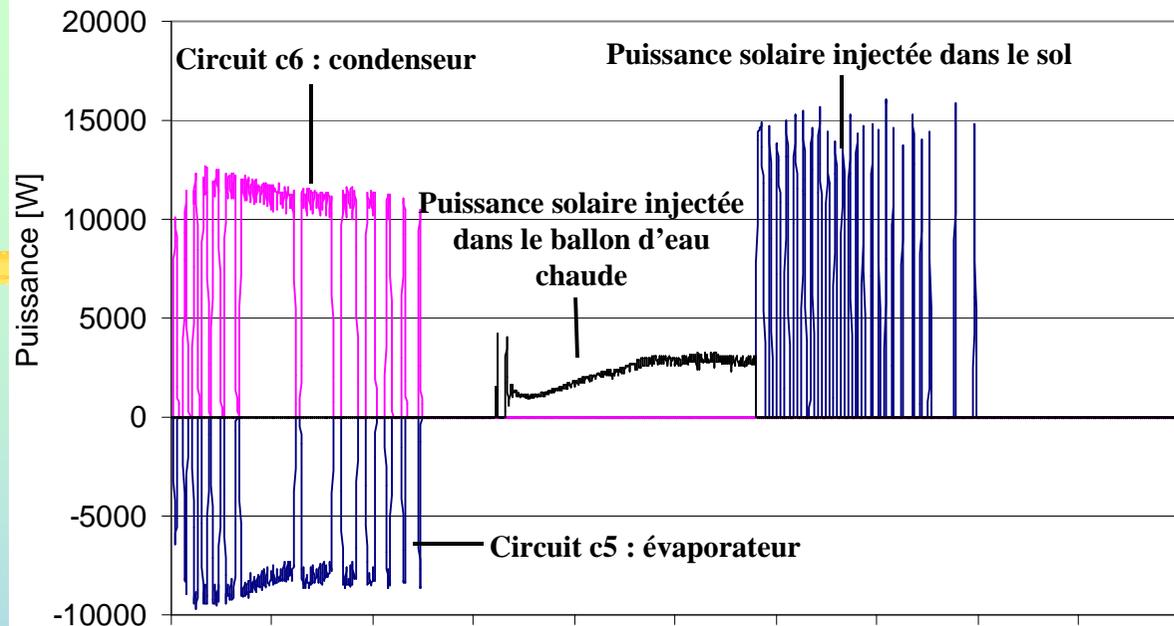


- 26 sondes de température ;
- 8 compteurs volumétriques à impulsion ;
- 8 indicateurs de consommations électriques ;
- et une station météo.

3 - Etude expérimentale

Journée du 14 avril 2005

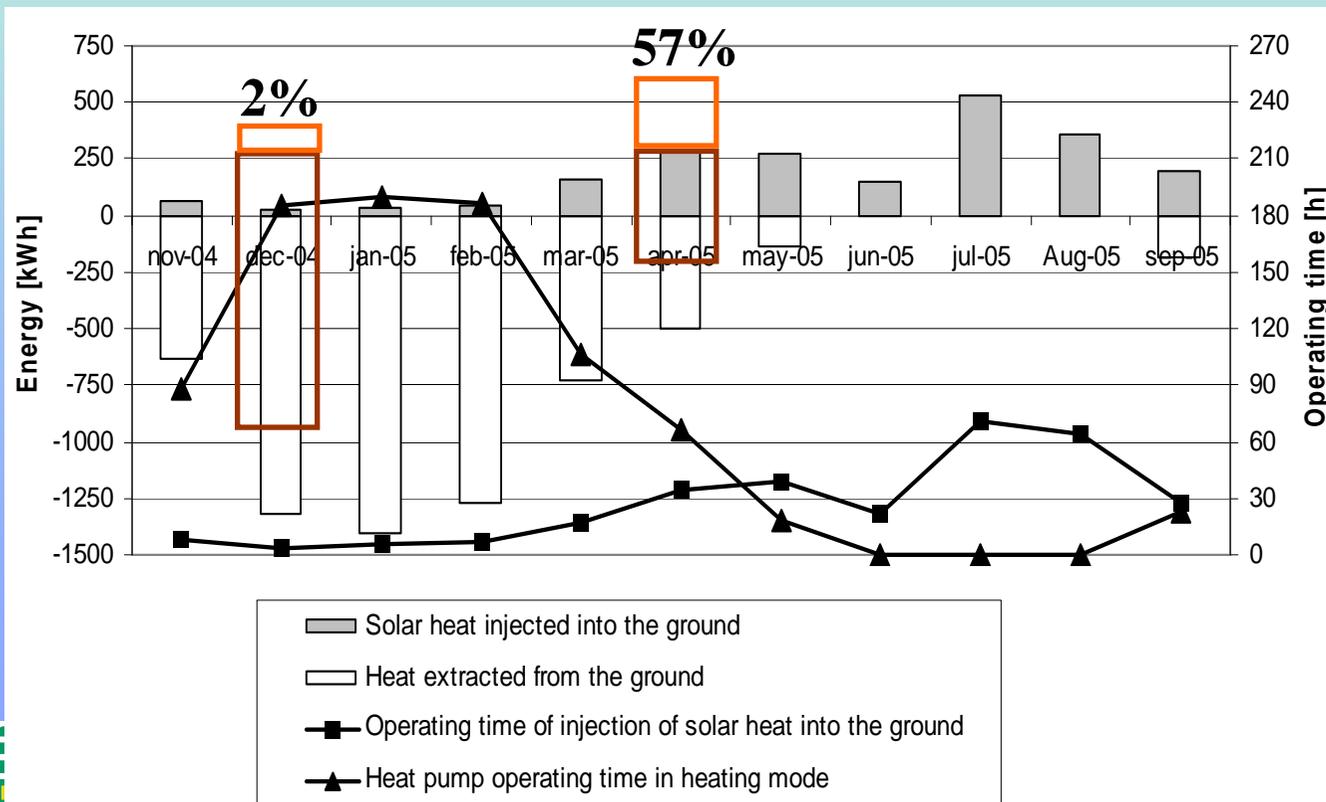
- Les échangeurs enterrés verticaux ont une puissance moyenne de 8200W soit 45 W/m
- Le COP moyen de la PAC est de 3,7 : pour environ 3 kW apportés à la PAC, 11,3 kW sont fournis au bâtiment
- L'ensoleillement est suffisant pour chauffer dans un premier temps le ballon d'ECS, puis participer à la recharge thermique du sol



3 - Etude expérimentale

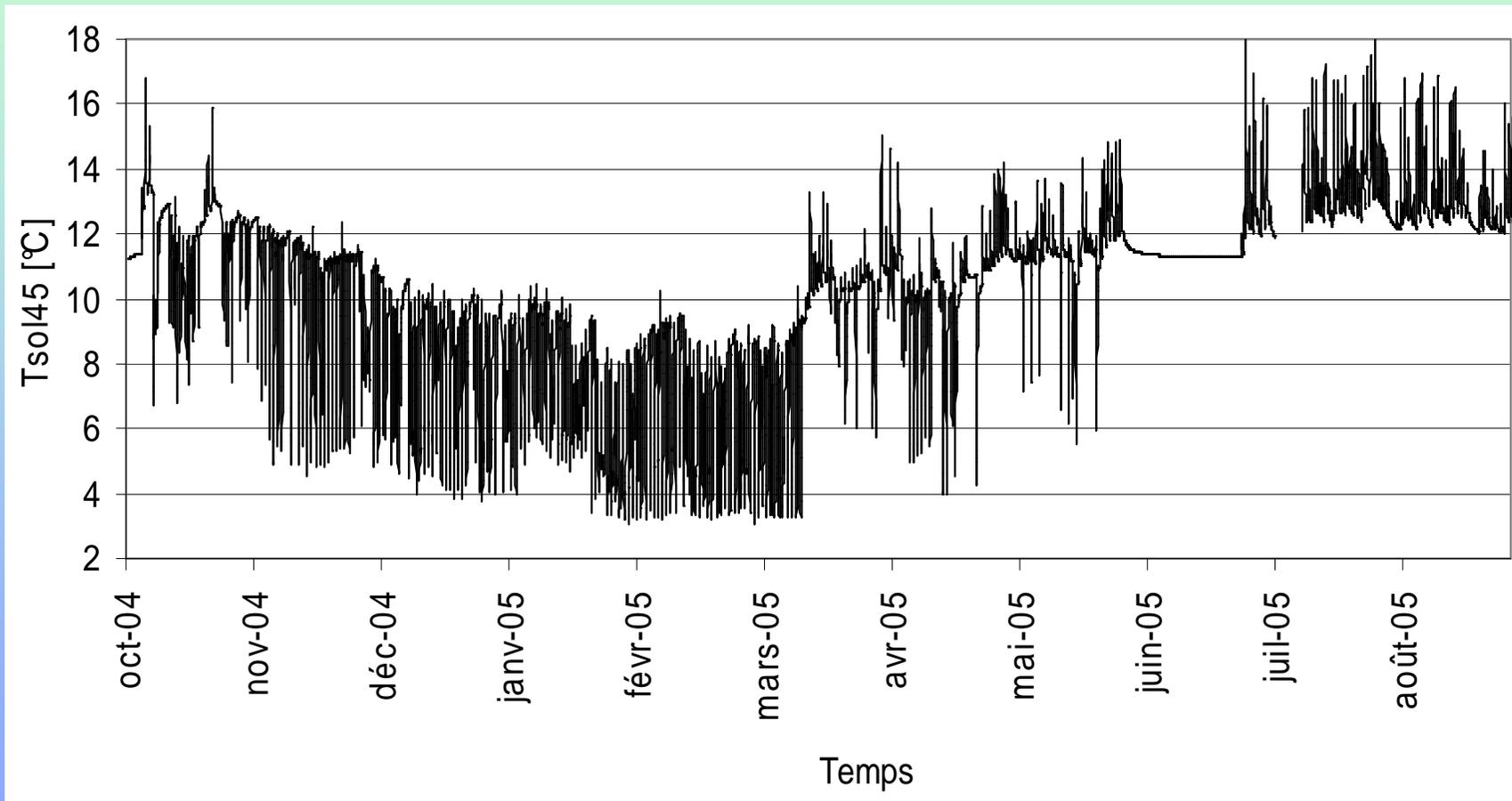
bilan énergétique au cours des 11 premiers mois de fonctionnement :
extraction et injection de chaleur dans le sol

- énergie extraite : 6075 kWh pour un temps de fonctionnement de 838 h, soit 34 kWh/m/an ;
- énergie injectée : 2121 kWh pour un temps de fonctionnement de 298 h, soit 34% de l'énergie extraite du sol ;



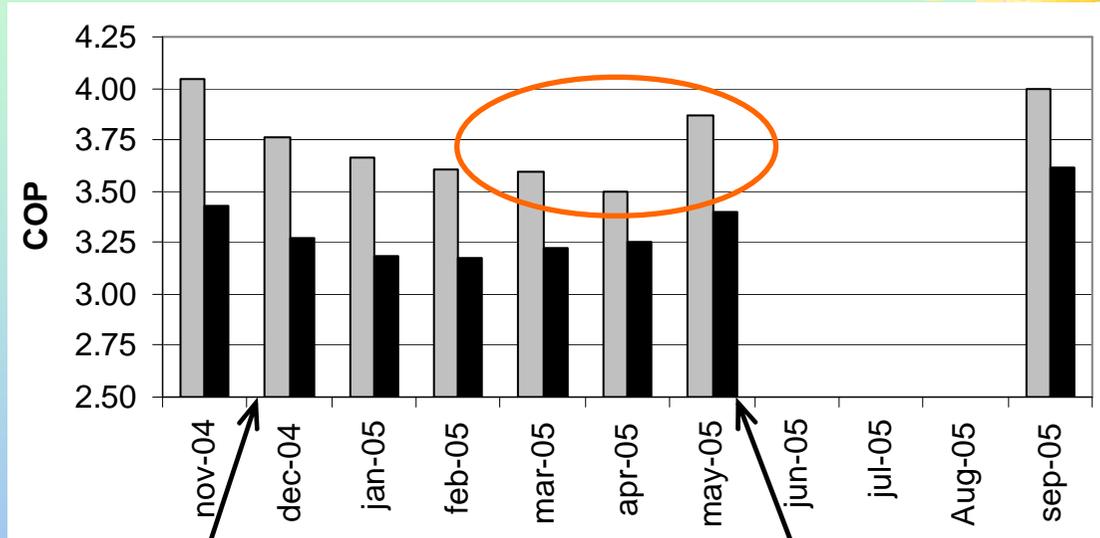
3 - Etude expérimentale

évolution de la température à 45m de profondeur



3 - Etude expérimentale

coefficient de performance de la pompe à chaleur seule et du système



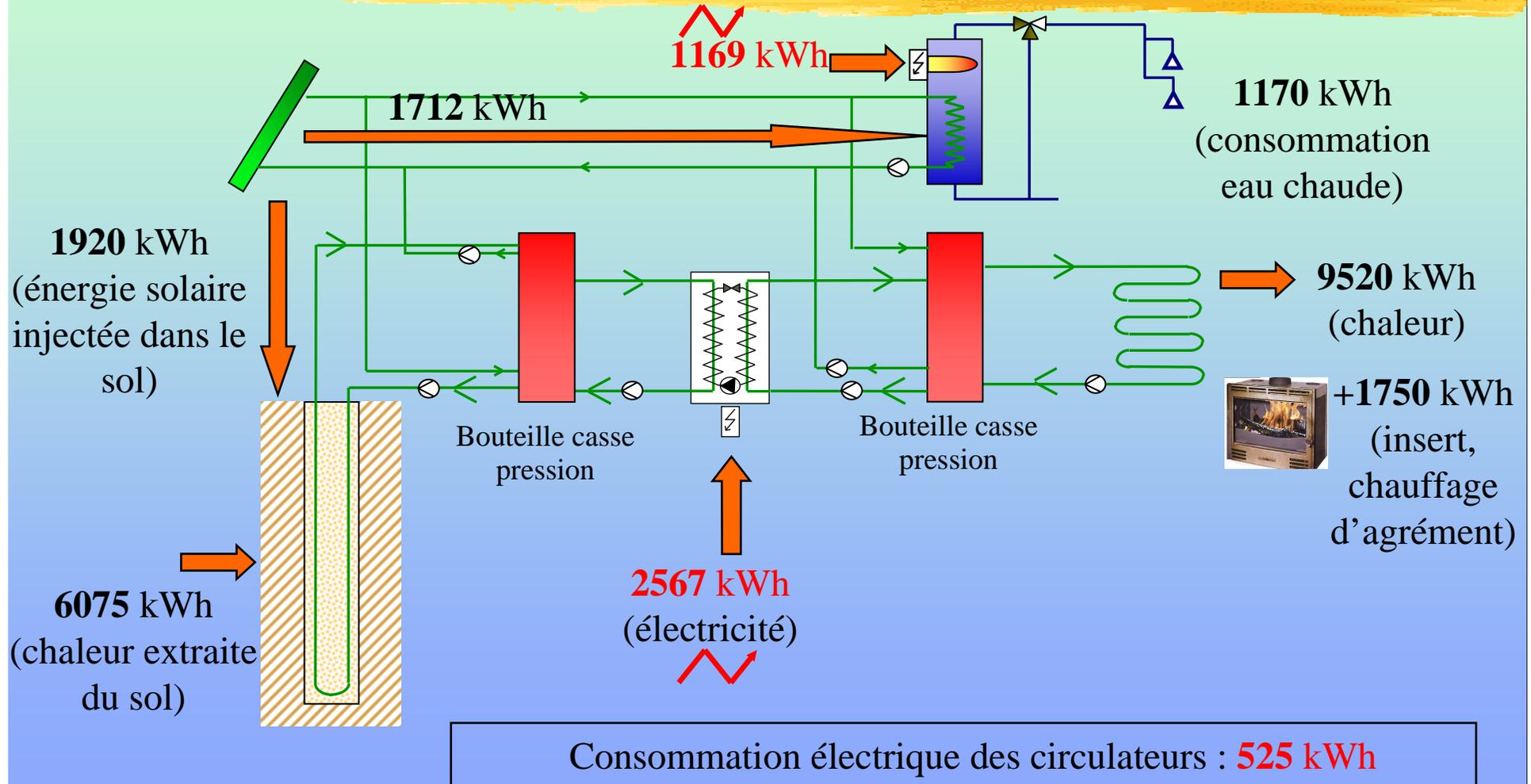
1
COP de la PAC

2
COP du système complet avec asservissement de tous les circulateurs au fonctionnement de la PAC

COP pac = 3,7
COP système = 3,35
➤ la consommation électrique des auxiliaires est à minimiser grâce à une régulation correctement configurée.

3 - Etude expérimentale

bilan énergétique des 11 premiers mois de fonctionnement



3 - Etude expérimentale

bilan énergétique des 11 premiers mois de fonctionnement

➤ **Consommation électrique totale (chauffage et ECS) :**

4261 kWh soit **23,7 kWh par m²** de surface habitable ;

➤ COP moyen de la PAC **seule** : **3,7** ;

➤ COP moyen **du système (PAC et circulateurs)** : **3,35** ;

➤ Taux de couverture solaire pour ECS : **60%** ;

➤ l'énergie solaire injectée dans le sol correspond à 34% de l'énergie extraite ;

➤ le potentiel géothermique du site est sous-exploité (34 W/m ; 838 h ; 34 kWh/m/an)

4- Etude numérique

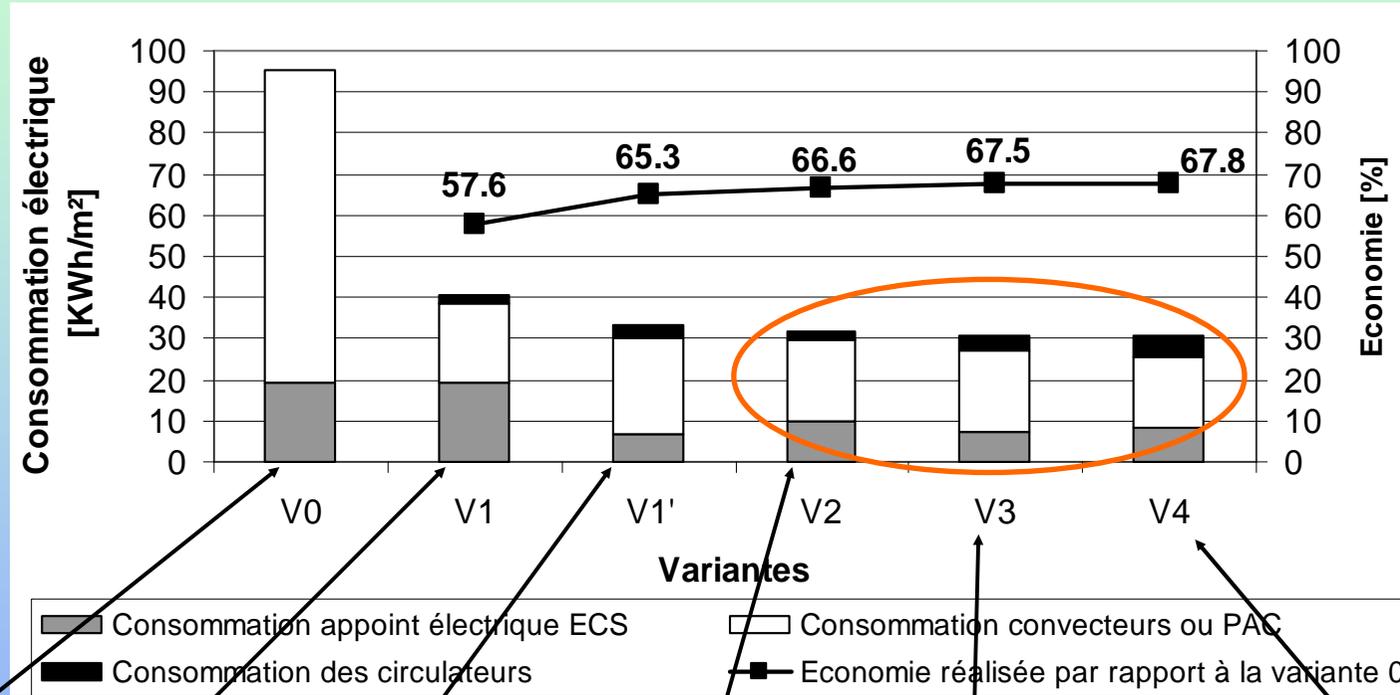
Modélisation numérique du procédé avec le logiciel TRNSYS

- Sous TRNSYS, les systèmes sont modélisés à l'aide de composants appelés « TYPE » :
 - type 557 : échangeurs enterrés verticaux ;
 - type 668 : pompe à chaleur ;
 - type 56 : bâtiment ;
 - type 60 : ballon d'eau chaude, avec ou sans appoint électrique et échangeur interne ;
 - type 102 : capteurs solaires thermiques, modèle développé par le LOCIE (Plantier-2003) ;

- Objectifs de la modélisation :
 - étude de variantes du procédé : avec ou sans fonctionnement en PSD, avec ou sans recharge thermique du sol, ...
 - étude paramétrique : influence de la surface des capteurs solaires, de la longueur des échangeurs enterrés, du volume des ballons, ...

4- Etude théorique

Comparaison du bilan énergétique annuel des variantes



Tout électrique

PACG et chauffe-eau électrique

PACG et chauffe-eau sur PAC

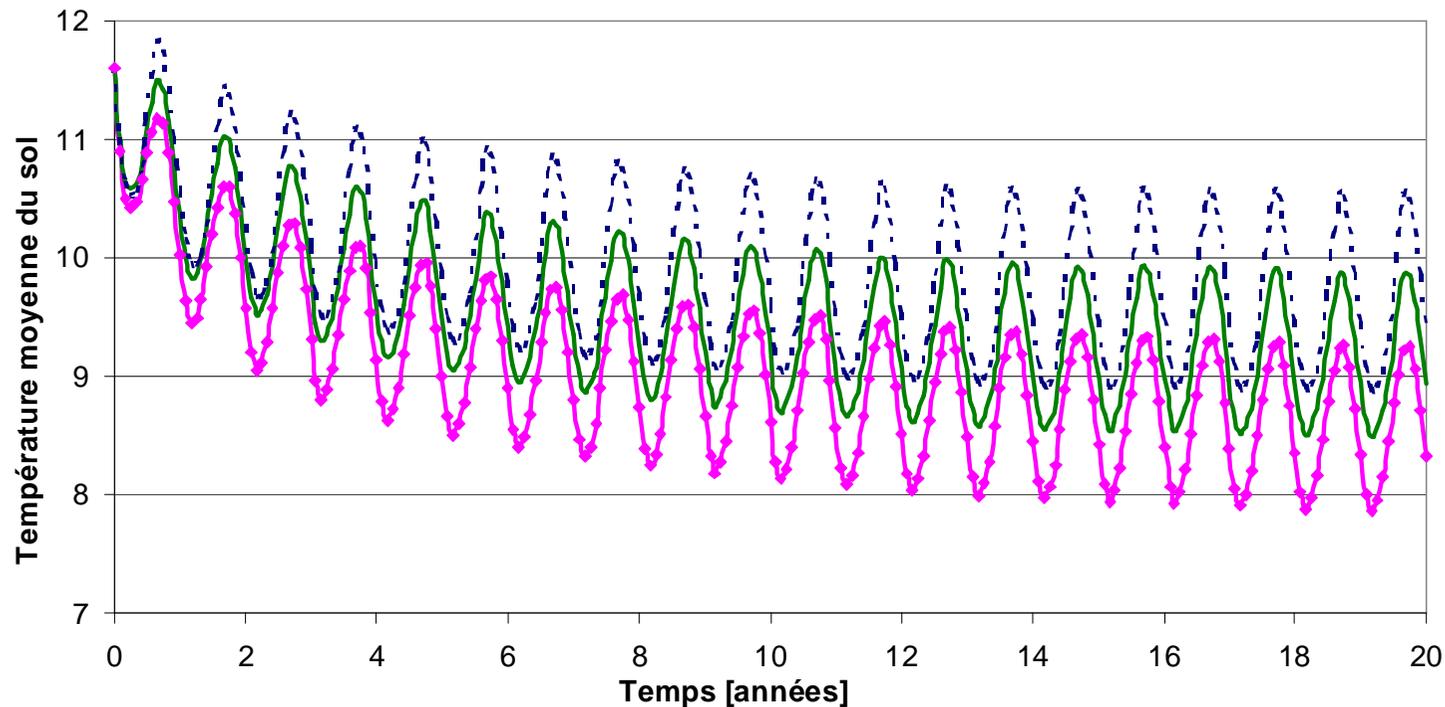
PACG et CESI 6m²

PACG et CESI 12m² couplé sur échangeurs

PACG et CESI 18m² couplé sur échangeurs + PSD

4- Etude théorique

Recharge thermique du sol par le procédé GEOSOL



Après 20 ans de fonctionnement, la température moyenne du sol diminue

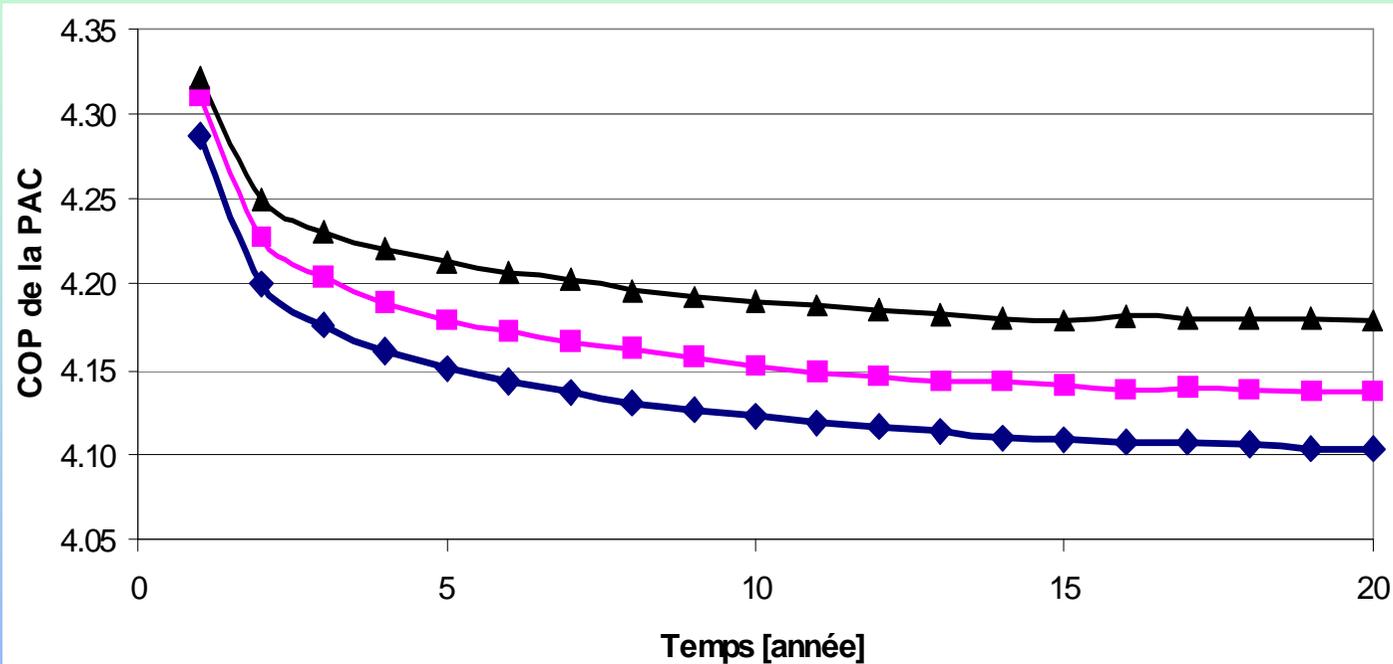
de 1,75°C sans recharge thermique

et de 0,9°C avec recharge thermique

- ◆— La pompe à chaleur fonctionne en mode chauffage uniquement
- La pompe à chaleur peut fonctionner en mode chauffage ou en mode refroidissement
- - - La pompe à chaleur peut fonctionner en mode chauffage ou en mode refroidissement, le surplus d'énergie solaire est injectée dans le sol

4- Etude théorique

Recharge thermique du sol par le procédé GEOSOL



Après 20 ans de fonctionnement, les performances diminuent de

5% sans recharge thermique

et de 3% avec recharge thermique

- ◆ La pompe à chaleur fonctionne en mode chauffage uniquement
- La pompe à chaleur peut fonctionner en mode chauffage ou en mode refroidissement
- ▲ La pompe à chaleur peut fonctionner en mode chauffage ou en mode refroidissement, le surplus d'énergie solaire est injecté dans le sol

5- Conclusion

- L'intégration énergétique de l'énergie solaire et de la géothermie est opérationnelle ;
- La recharge thermique du sol est effective :
 - elle évite les problèmes de surchauffe des capteurs solaires thermiques ;
 - l'expérimentation montre une amélioration du COP de la PAC en mi-saison, mais sans gain significatif sur le bilan énergétique annuel ;
 - la recharge thermique du sol nécessaire pour les installations collectives n'est pas un facteur déterminant sur les performances énergétiques des installations individuelles ;
 - la recharge thermique du sol peut conduire à diminuer la longueur des échangeurs enterrés ;
 - à l'échelle annuelle, le surdimensionnement des capteurs solaires associé au mode de fonctionnement en PSD ne constitue pas une variante énergétiquement intéressante.

Remerciements



Cette étude bénéficie du soutien financier de l'Assemblée des Pays de Savoie, de l'ADEME (Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie), et du PUCA (Plan Urbanisme Construction et Architecture).

MERCI DE VOTRE ATTENTION