



**HAL**  
open science

# Les perspectives du stockage thermique et de la géothermie pour le chauffage et la climatisation des serres.

Sandra Lanini, Madjid Bouzit

## ► To cite this version:

Sandra Lanini, Madjid Bouzit. Les perspectives du stockage thermique et de la géothermie pour le chauffage et la climatisation des serres.. Rencontre Technique : Économies d'énergie sous serre Projet Serre Capteur : résultats et perspectives, Dec 2013, Balandran, France. hal-00951864


**HAL Id: hal-00951864**

**<https://brgm.hal.science/hal-00951864v1>**

Submitted on 25 Feb 2014

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



# Les Perspectives du Stockage Thermique et de la Géothermie pour le chauffage et la climatisation des serres

S. Lanini, M. Bouzit



MINISTÈRE DE L'ÉCONOMIE  
DES FINANCES ET DE L'INDUSTRIE

*Rencontre technique*  
**Projet Serre Capteur d'Énergie,**  
*CTIFL Balandran, 17 décembre 2013*



## > **Éléments de contexte**

- Géothermie
- Utilisation de l'énergie géothermique

## > **Résultats du projet Serre Capteur**

- Bilan énergétique de l'aquifère
- Evaluation technico-économique de l'utilisation de la géothermie pour le chauffage/climatisation des serres

## > **Bilan et perspectives**

# Contexte – La Géothermie

## GÉOTHERMIE TRÈS BASSE ÉNERGIE

Chauffage de piscines, de serres... Bien qu'elle présente une faible température, l'eau peut directement être utilisée pour le chauffage de piscines, serres ou bassins de pisciculture.

**Chauffage par pompe à chaleur.** La température de l'eau insuffisante pour le chauffage direct de locaux, nécessite de recourir à des pompes à chaleur sur eau souterraine ou à des sondes géothermiques.

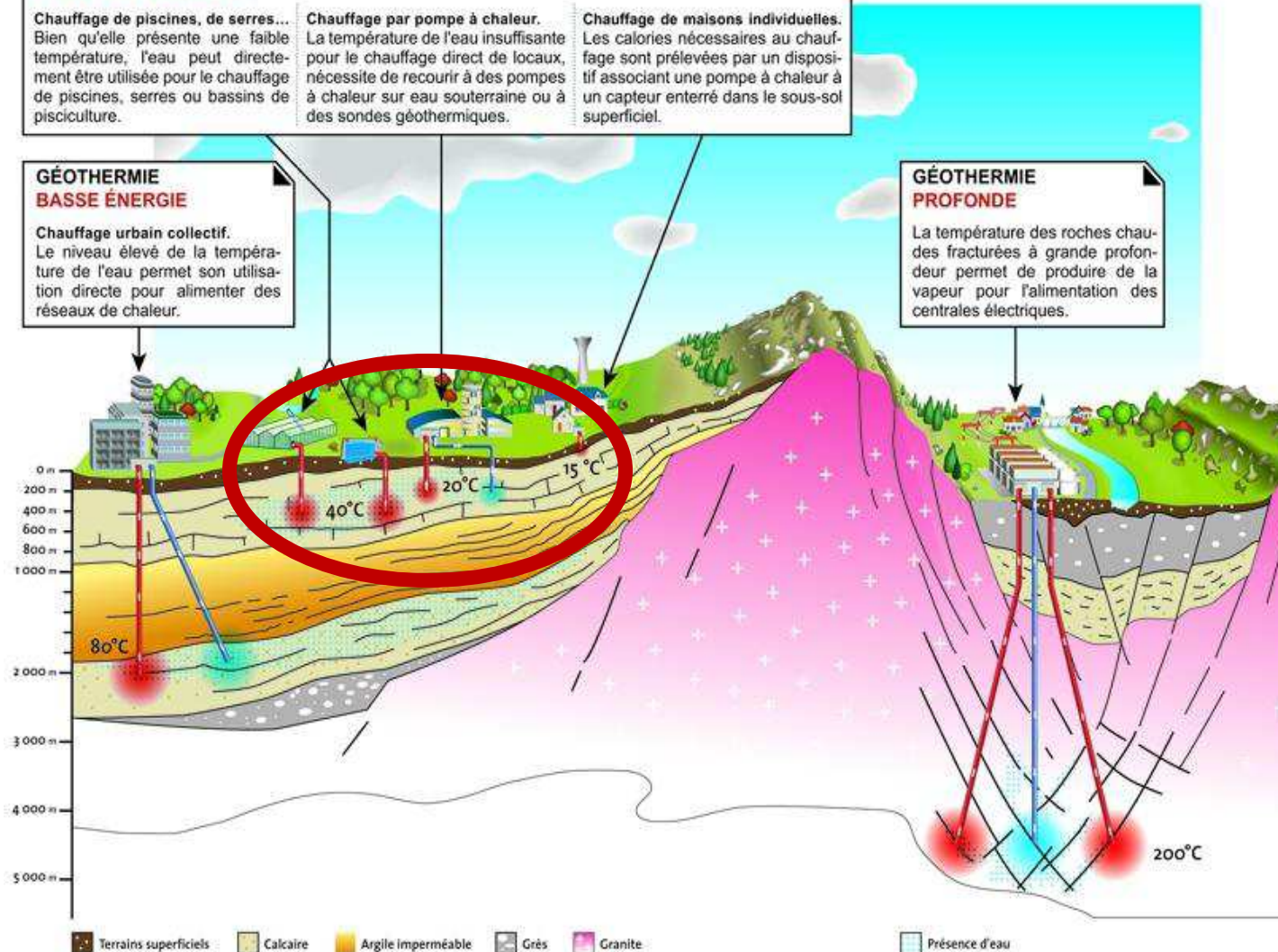
**Chauffage de maisons individuelles.** Les calories nécessaires au chauffage sont prélevées par un dispositif associant une pompe à chaleur à un capteur enterré dans le sous-sol superficiel.

## GÉOTHERMIE BASSE ÉNERGIE

**Chauffage urbain collectif.** Le niveau élevé de la température de l'eau permet son utilisation directe pour alimenter des réseaux de chaleur.

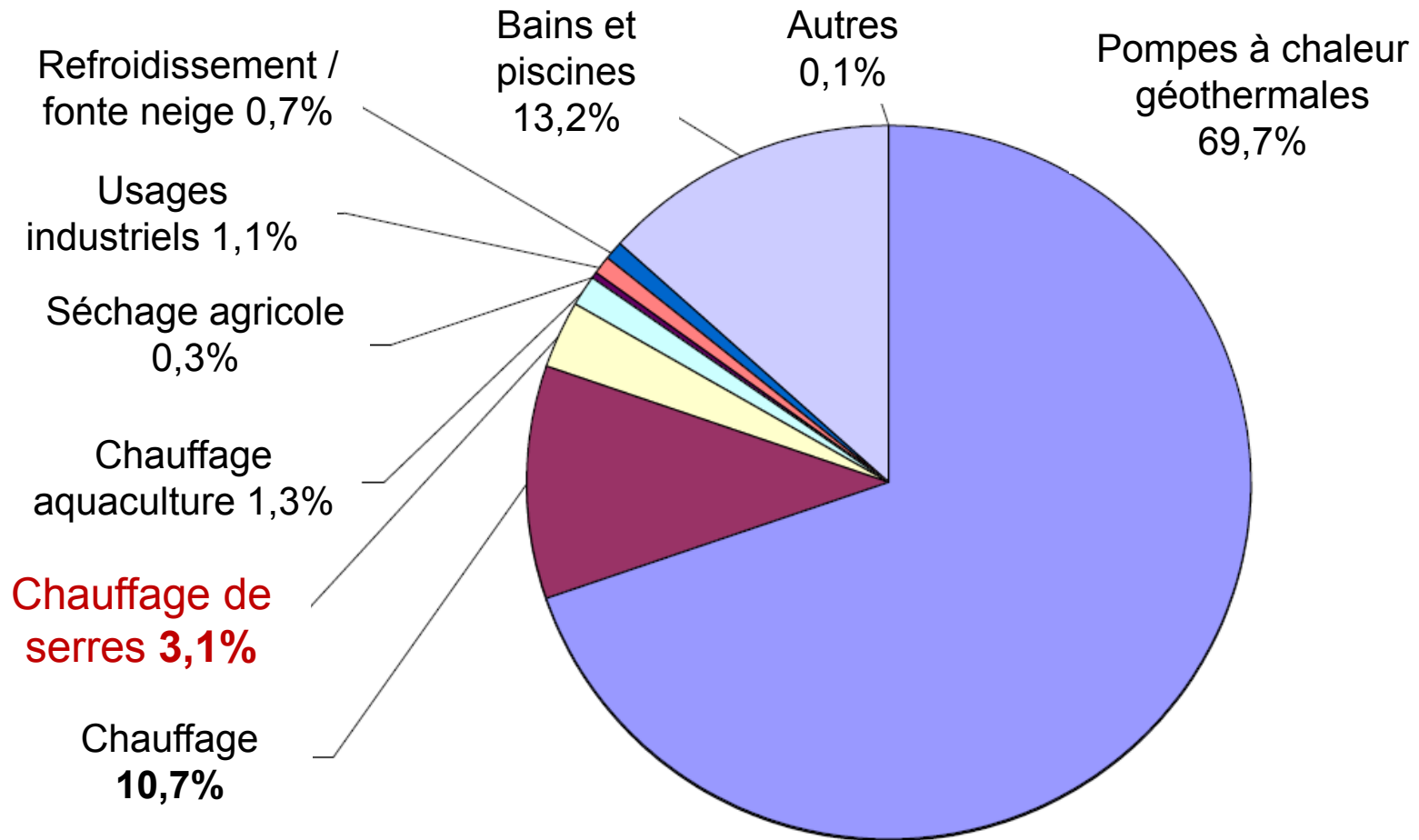
## GÉOTHERMIE PROFONDE

La température des roches chaudes fracturées à grande profondeur permet de produire de la vapeur pour l'alimentation des centrales électriques.



## Contexte –

# Utilisation de l'énergie géothermique dans le monde



Données 2010, Capacité installée (MWt), d'après T.L. Boyd, J.W. Lund & D.H. Freeston (2010)

## Contexte –

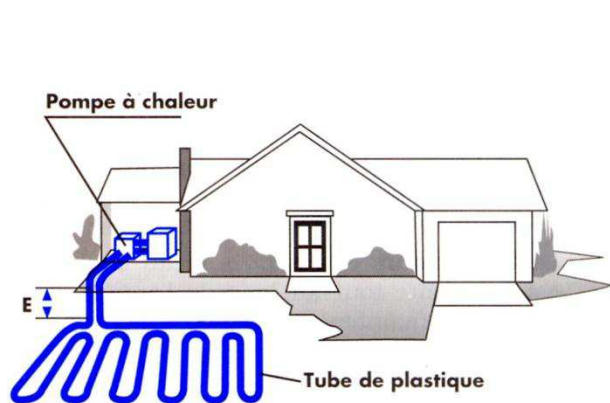
# Le chauffage de serres par géothermie dans la monde

- > Chauffage des serres par géothermie se développe depuis une trentaine d'années (depuis 1924 en Islande !)
- > En 2010, usage répertorié dans 34 pays
- > Entre 2005 et 2010, augmentation de 13% de l'utilisation d'énergie géothermique pour le chauffage des serres
- > 1163 ha de serre chauffés par géothermie en 2010
- > Cultures principales : légumes, fleurs, pépinières, fruits

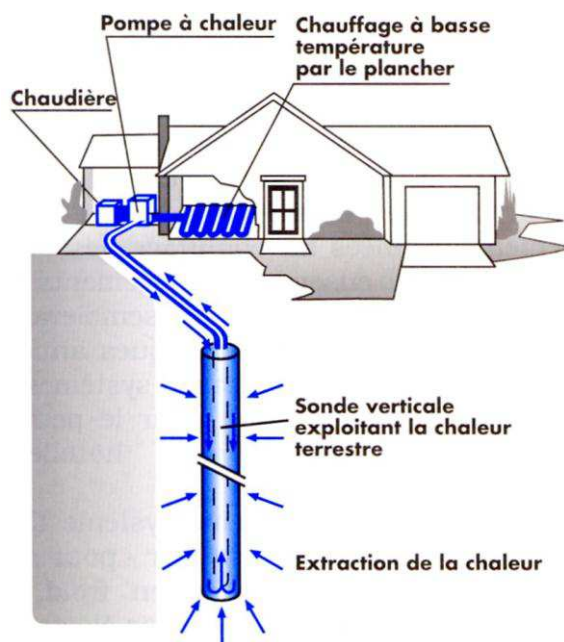
Sources : EGEC & Oregon Institute of Technology (USA)

## Contexte – Géothermie très basse énergie

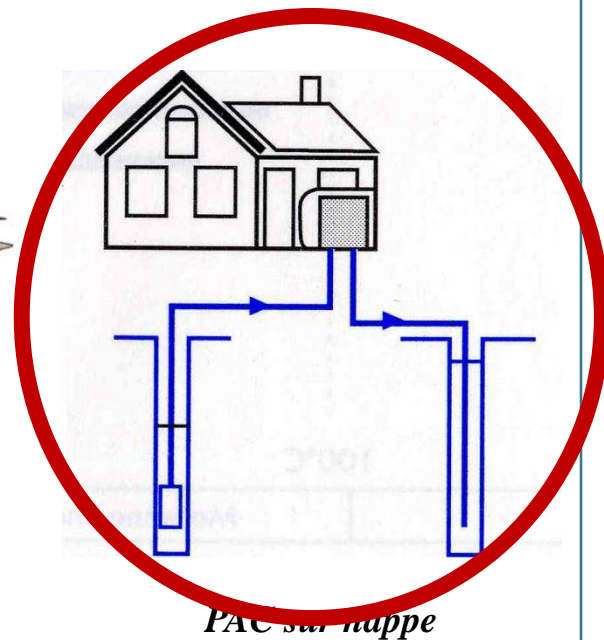
- > Géothermie assistée par pompe à chaleur (PAC)
- > Echangeur géothermique = à la fois moyen de **production** et de **stockage** de chaleur sensible.



*PAC sur capteur horizontal*



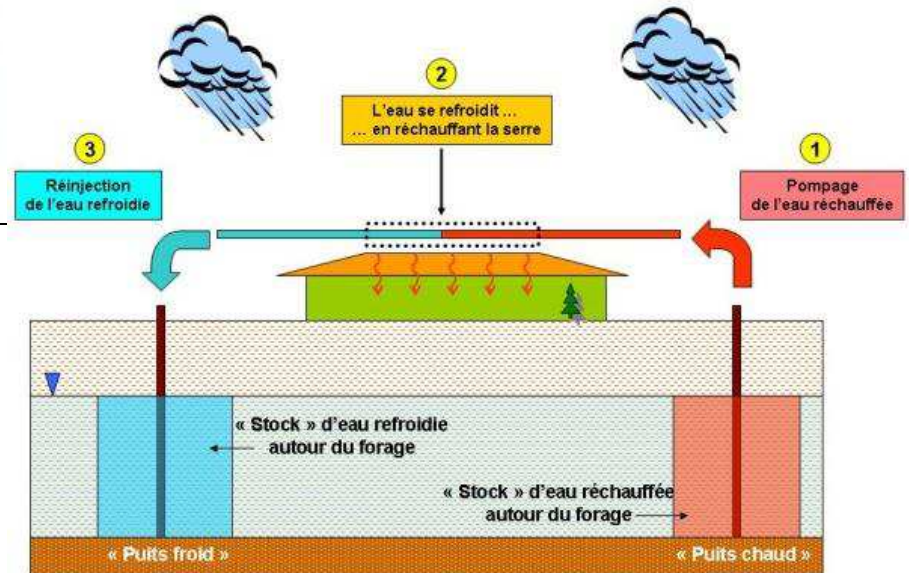
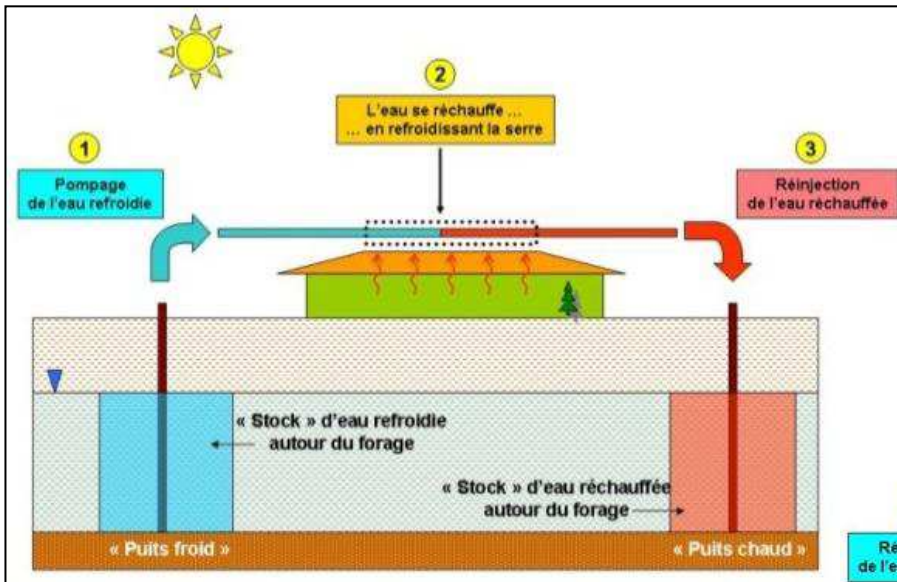
*PAC sur sonde verticale*



*PAC sur nappe*

# Projet Serres Capteur

➤ Serre capteur + PAC sur nappe + puits réversibles pour stockage thermique en aquifère





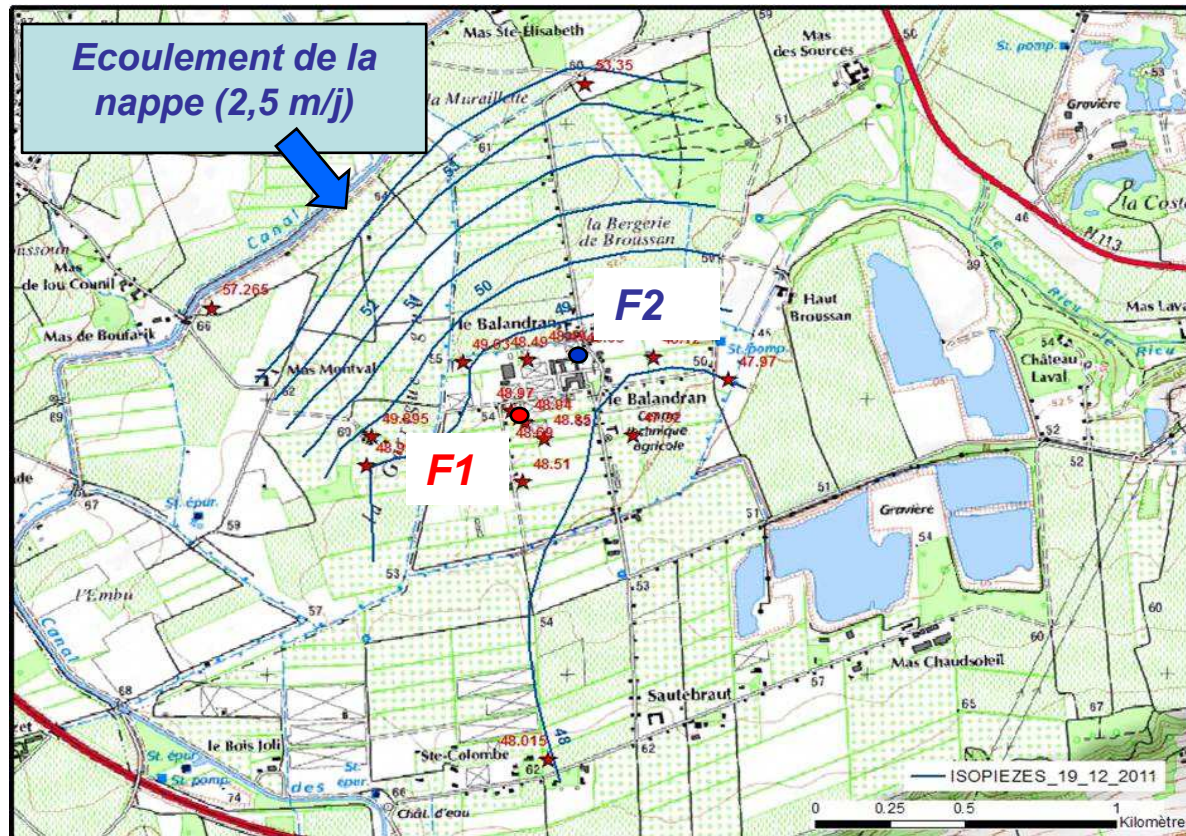
# Projet Serres Capteur

---

- > **Objectif** : Evaluer la faisabilité du stockage intersaisonnier d'énergie thermique en aquifère pour le chauffage et le refroidissement de serres maraîchères
  
- > **Démarche**
  - Instrumentation et suivi pendant 2 ans de l'aquifère sous-jacent à la serre capteur (CTIFL Balandran)
  - Modélisation des transferts thermiques dans l'aquifère
  - Etude de l'impact géochimique et bactériologique
  - Evaluation énergétique et économique du dispositif

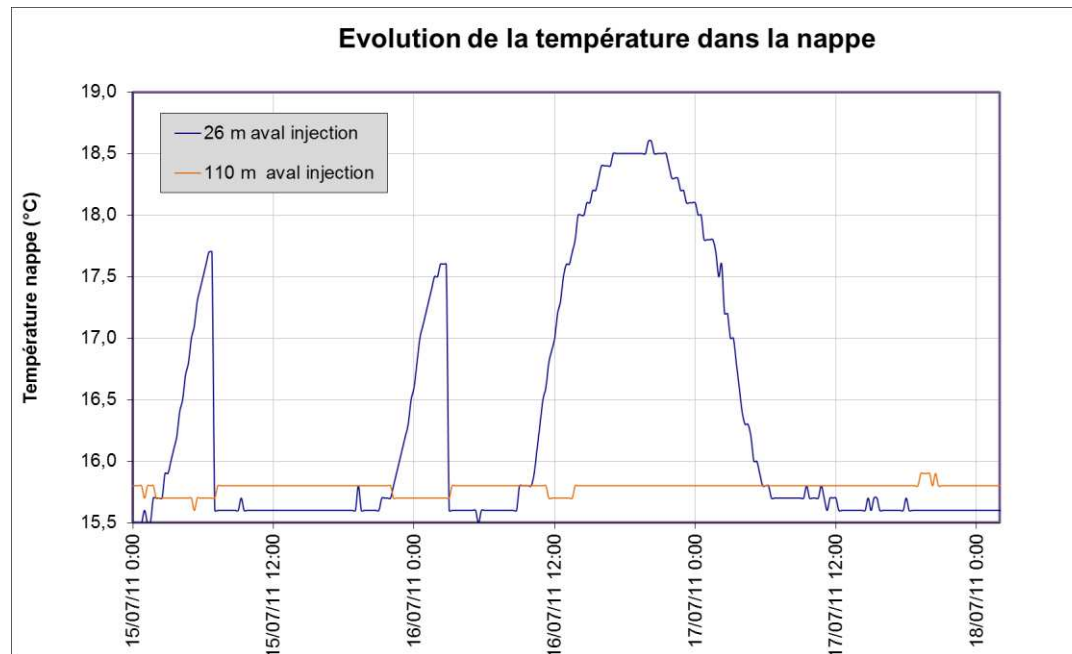
# Projet Serres Capteur - Site expérimental de Balandran

## ➤ Contexte hydrogéologique défavorable



# Projet Serres Capteur - Site expérimental de Balandran

- Influence de l'injection d'eau chaude très limitée dans le temps et dans l'espace

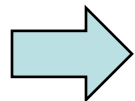
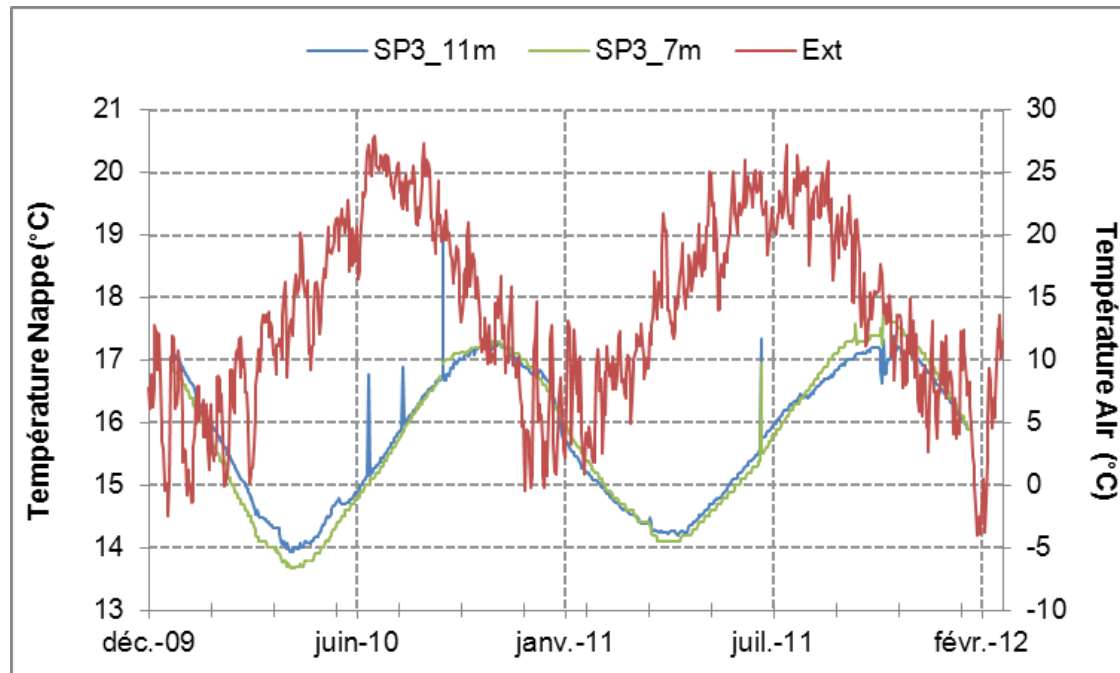


**Pas de stockage**

Pas d'impact sur la qualité chimique et bactériologique de l'eau ( $\Delta T < 10^\circ\text{C}$ )

## Projet Serres Capteur - Site expérimental de Balandran

- Déphasage de trois mois en moyenne entre extrema de températures de l'air et de l'aquifère



Inertie thermique de la nappe  
intéressante pour géothermie avec  
PAC sur nappe

## *Projet Serres Capteur* – **Evaluation technico-économique**

---

- > Evaluation des coûts spécifiques liés à l'utilisation de la géothermie + PAC pour chauffer / climatiser une serre
- > Analyse de l'intérêt énergétique, économique, environnemental et agronomique de la serre capteur
- > Comparaison avec la serre témoin (chauffage gaz naturel, refroidissement par aération)

*Etude détaillée dans le rapport BRGM/RP-61671-FR (2012)*

Téléchargeable sur <http://infoterre.brgm.fr>



## Projet Serres Capteur – Evaluation technico-économique

> Estimation des coûts spécifiques liés à l'utilisation de la géothermie + PAC pour chauffer/climatiser la serre capteur (campagne 2011-2012)

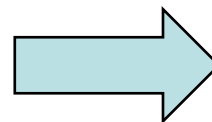
- Coûts d'investissements : PAC (42%), CTA (29%), forages (12%), ballons de stockage, tuyauterie...
- Coûts énergétiques :
  - serre capteur (85% chauffage + 15% climatisation) : 10,37 €/m<sup>2</sup>/an
  - serre témoin (chauffage uniquement) : 15,69 €/m<sup>2</sup>/an

### Coût global annuel (sur 25 ans)

investissements : +100%

entretien et renouvellement : +75%

énergie : -34% (très sensible aux prix)



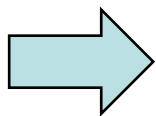
**+7,5%** pour la serre capteur d'énergie



> Intérêt énergétique : économies d'énergie potentielles liées à l'utilisation de la géothermie

Consommation énergétique (campagne 2011 – 2012) :

- serre capteur (chauffage + climatisation) : 171 kWh/m<sup>2</sup>/an
- serre témoin (chauffage uniquement) : 228 kWh/m<sup>2</sup>/an

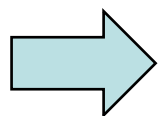


L'utilisation de la géothermie + PAC  
permet une **économie d'énergie**  
**d'environ 25%**

## > Intérêt environnemental : émissions de CO<sub>2</sub>

Effet de serre direct (consommation énergétique)

Effet de serre indirect (fluide frigorigène PAC)



34.3 tonnes équ. CO<sub>2</sub>. (1030 €/an) d'émission évitée par l'utilisation de la géothermie + PAC



## Projet Serres Capteur – Evaluation technico-économique

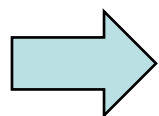
### > Intérêt agronomique de la serre capteur par rapport à la serre témoin

Rendement cultural (en kg de tomates produits) : + 16,5%

Consommation d'eau : - 28,5%

Consommation d'engrais : - 9,9%

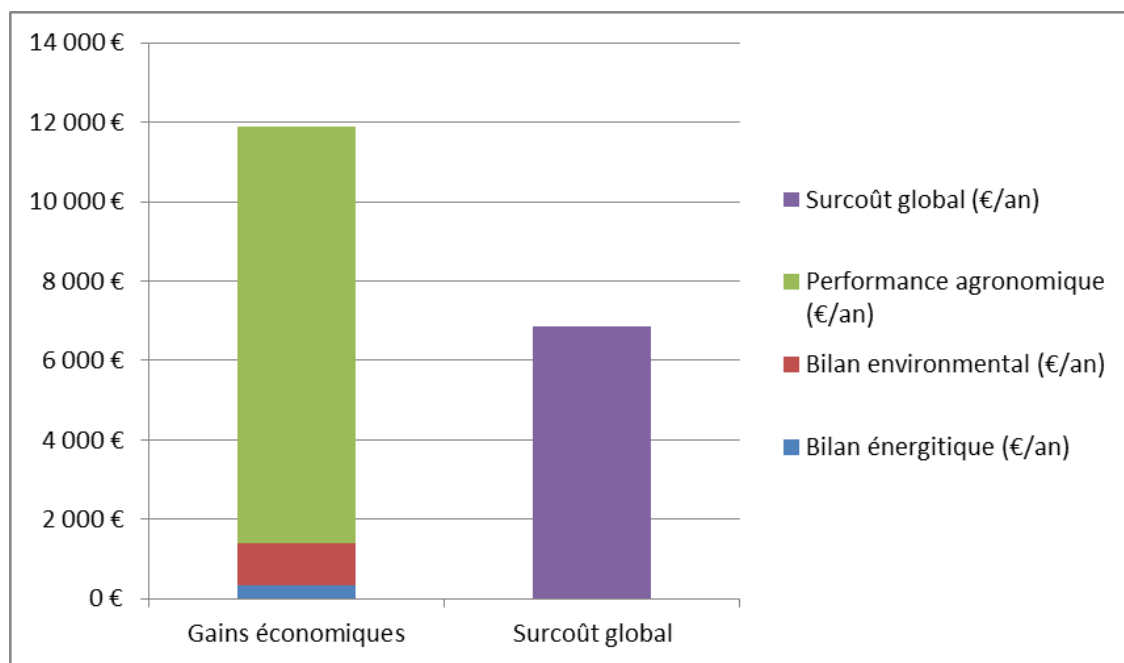
Injection de CO<sub>2</sub> : - 15,7%



Valorisation du gain agronomique de  
la serre capteur : 10,9 €/m<sup>2</sup>

# Projet Serres Capteur – Evaluation technico-économique

## > Rentabilité économique de l'utilisation de la géothermie + PAC pour chauffer/climatiser une serre fermée



VAN = 78,8 k€

TRI = 14,2 %

TdR = 9 ans

Indicateurs  
économiques très  
sensibles au prix de  
l'énergie (gaz surtout)

*(Valeur actuelle Nette, Taux de Rentabilité Interne sur 25 ans, Temps de retour sur Investissement)*

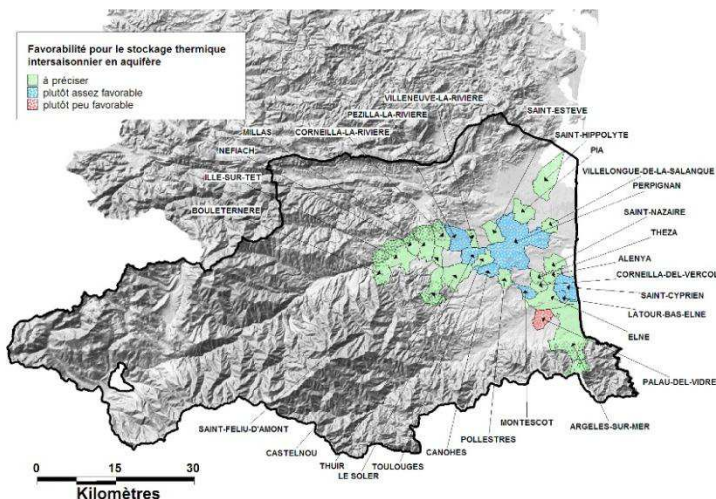
## Projet Serres Capteur – BILANS

---

- > Première expérience française en grandeur réelle
  - Éléments économiques et énergétiques
  - Recommandations pour l'évaluation initiale du site (caractérisation hydrogéologique, chimique et microbiologique) et pour le suivi à mettre en place
  
- > Analyse technico-économique du projet montre que l'utilisation de la géothermie basse énergie avec PAC est rentable et écologiquement durable.

# Projet Serres Capteur – BILANS et PERSPECTIVES

- > Si contexte hydrogéologique favorable, l'utilisation de la géothermie avec stockage de chaleur en aquifère pour chauffer / climatiser les serres est rentable (ex. Turquie).
- > Secteurs les plus favorables en LRO pour le stockage thermique en aquifère



Aquifère plio-quadernaire de la plaine du Roussillon

## > Promouvoir les **usages en cascade de l'eau géothermale**

Exemples :

- Irrigation avec eau résiduelle réchauffée (ex: asperges, Grèce)
- Géothermie profonde basse ou haute énergie pour chauffage urbain puis chauffage de serres sans recours à une PAC (Pays-Bas)



089 3740 46 625 5  
Des questions ?  
[s.lanini@brgm.fr](mailto:s.lanini@brgm.fr)