



Plate-Forme d'essais d'échangeurs géothermiques superficiels en conditions réelles d'exploitation

M. Philippe
BRGM, Département Géothermie

Demi-journée technique CFMS
25 janvier 2012



Projet cadre INGEBAT

Intégration de la géothermie au bâtiment

Trois axes de travail

- > **Améliorer la connaissance des échanges entre les systèmes géothermiques et le sous-sol**
 - Impact de la nature du sous-sol sur les échanges
 - Impact des conditions hydriques, hydrogéologiques, ...
- > **Modéliser et tester in-situ de nouveaux échangeurs géothermiques**
 - Fondations thermo-actives pour les bâtiments du futur
 - Echangeurs compacts
 - Nouvelles géométries d'échangeurs
- > **Réduire les consommations énergétiques globales par de l'hybridation et du stockage de chaleur**
 - Mix entre différentes géothermies
 - Mix entre géothermie et autres énergies
 - Stockage de chaleur pluri-horaires ou saisonnier

Echangeurs géothermiques superficiels
Une plate-forme de test échelle 1

Objectif: Tester les échangeurs souterrains en conditions réelles d'exploitation

- > Projet inscrit au CPER 2007-2013, cofinancé par le FEDER et la région Centre**
- > Retombées attendues**
 - Normalisation et homogénéisation des règles de dimensionnement
 - Contribution à la formation professionnelle locale
 - Vitrine technologique de promotion de la géothermie

Axes de recherche 2012

- > Influence de la géologie et de l'hydrogéologie sur les performances d'une sonde géothermique verticale;**
- > Impact du climat sur les performances d'échangeurs géothermiques superficiels;**
- > Caractérisation des performances et du comportement d'échangeurs géothermiques innovants;**
- > Impact de la géothermie sur la chimie et la bactériologie des eaux souterraines.**

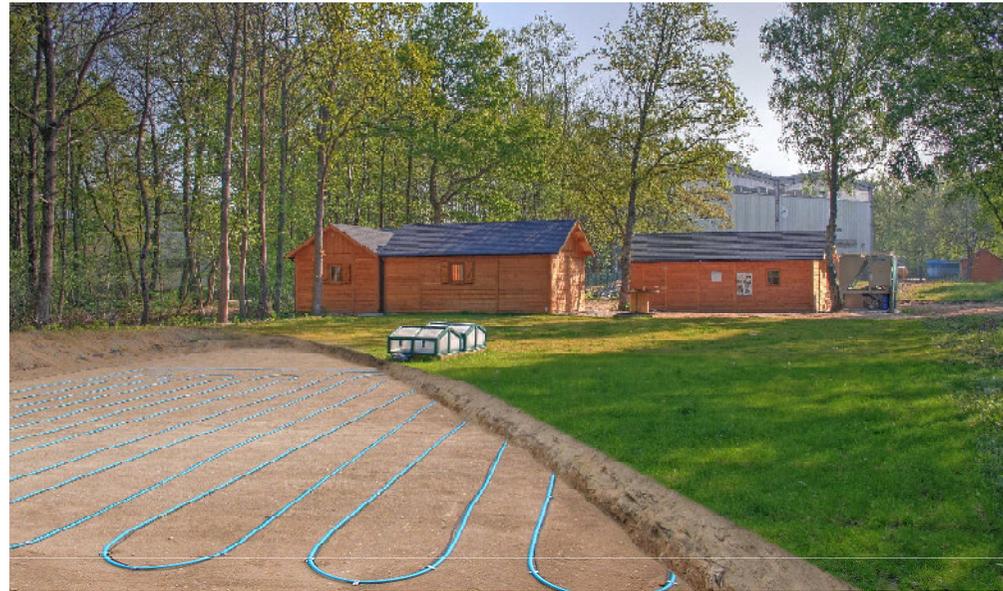
Dispositif expérimental: 1) les échangeurs

> Standards

- Verticaux
- Horizontaux

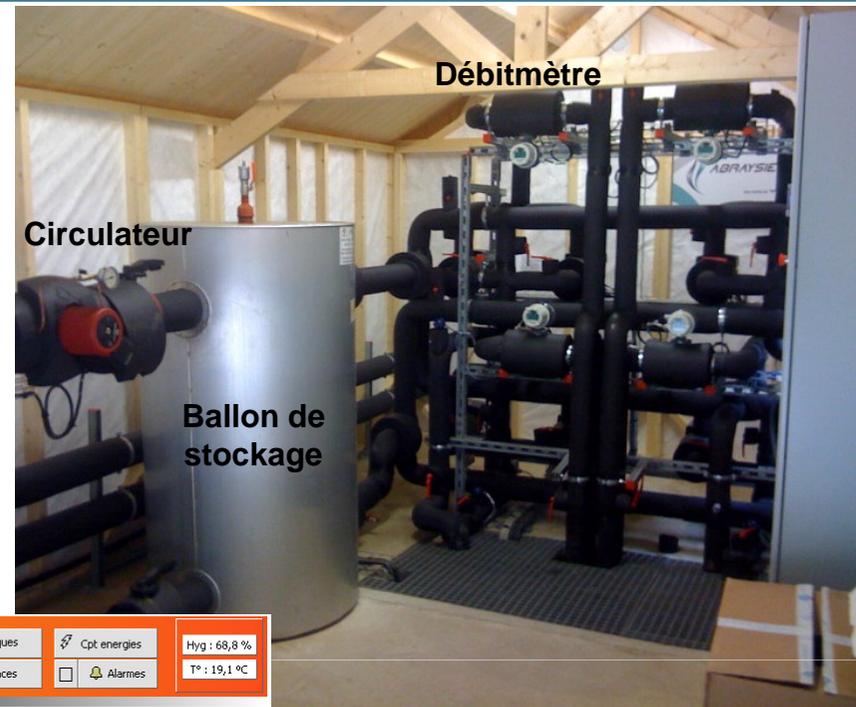
> Innovants

- Corbeilles
- ...



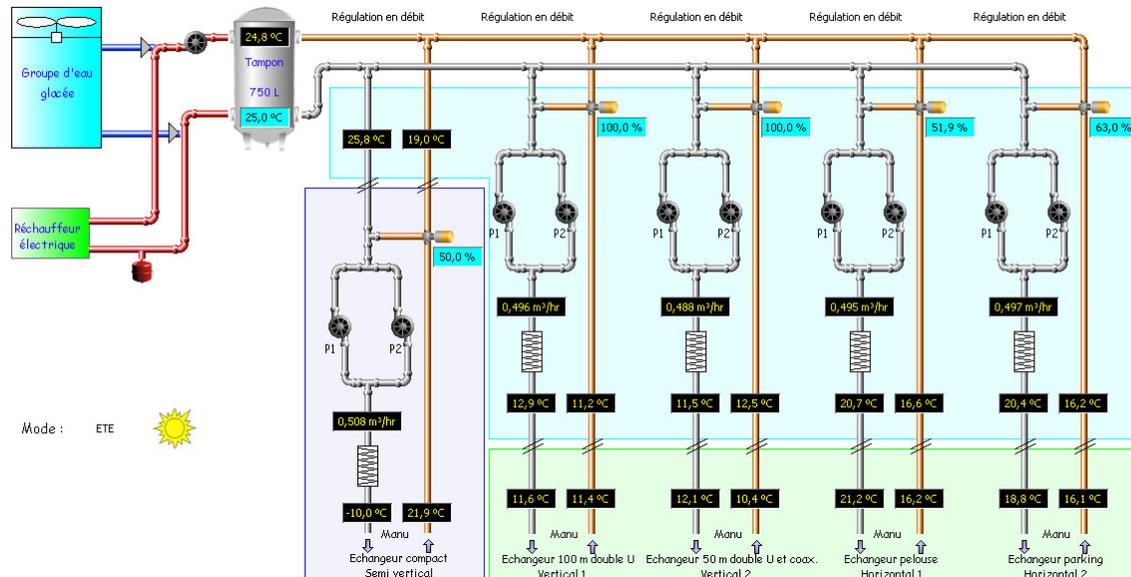
Dispositif expérimental: 2) la machinerie thermodynamique

Interface web de
contrôle/commande à distance



Historiques
 Tendances
 Cpt energies
 Alarmes

Hyg : 68,8 %
 T° : 19,1 °C



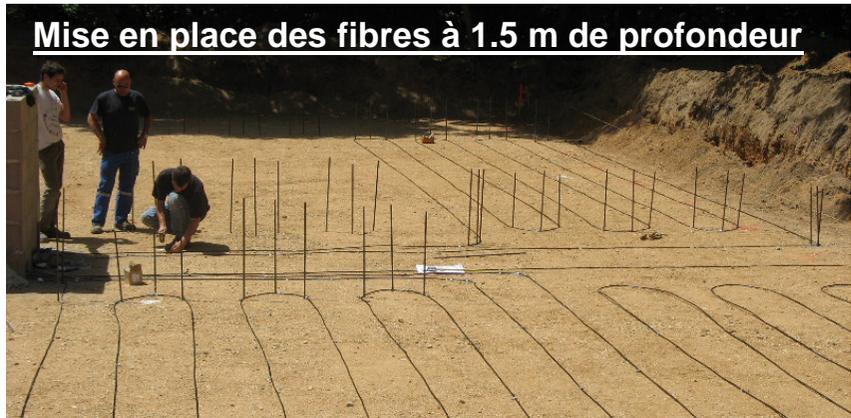
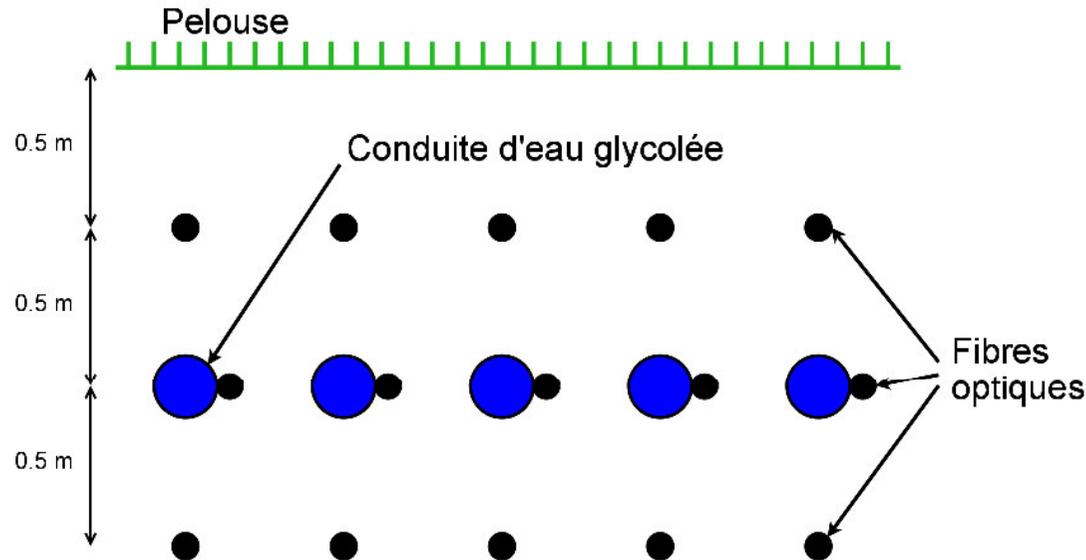
Vue de la machinerie
thermodynamique



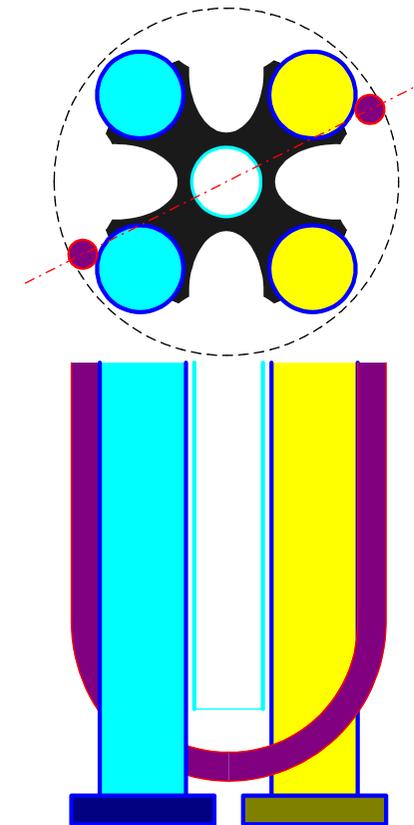
Dispositif expérimental: 3) l'instrumentation du sous-sol

Des mesures de température distribuées

Instrumentation des échangeurs horizontaux



Equipement des sondes verticales



Dispositif expérimental: 3) l'instrumentation du sous-sol

Mesure de la teneur en eau du sol

Calibration de la sonde



Mesure in-situ sur le terrain d'essais

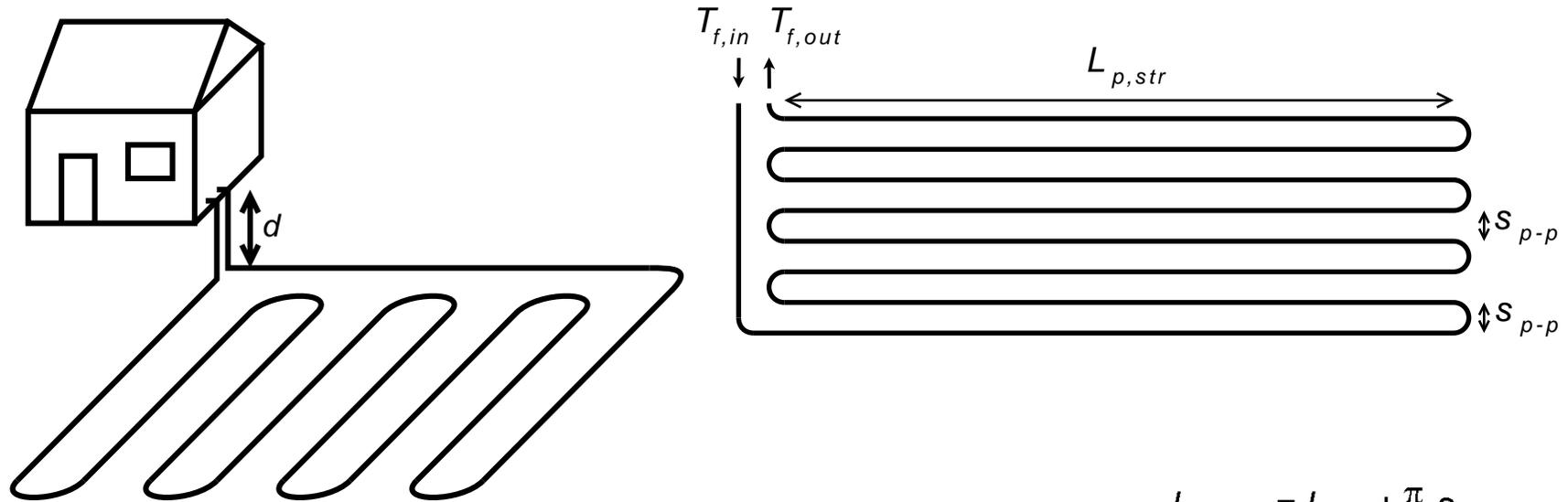


Cas d'étude: modélisation de l'échangeur horizontal

Un essai de validation expérimentale d'un nouveau modèle d'échangeur horizontal

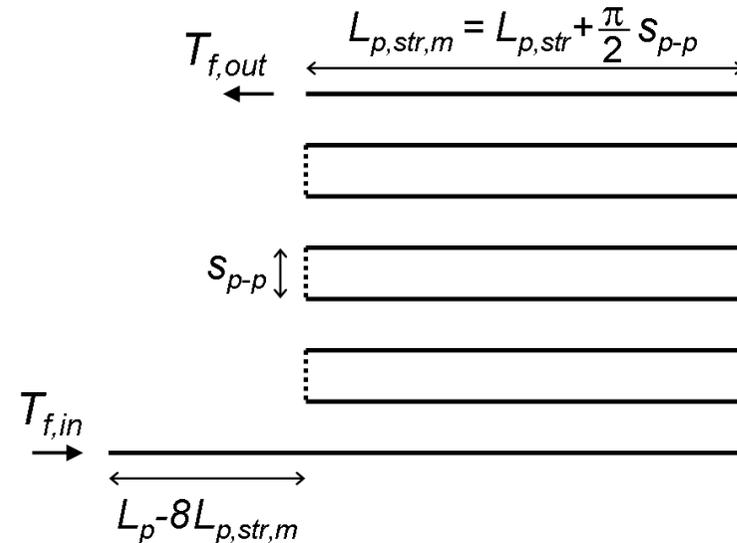
- > Modélisation proposée**
- > Obtention des paramètres du modèle**
- > Essai de validation**

Un modèle semi-analytique d'échangeur horizontal de type "serpentin"

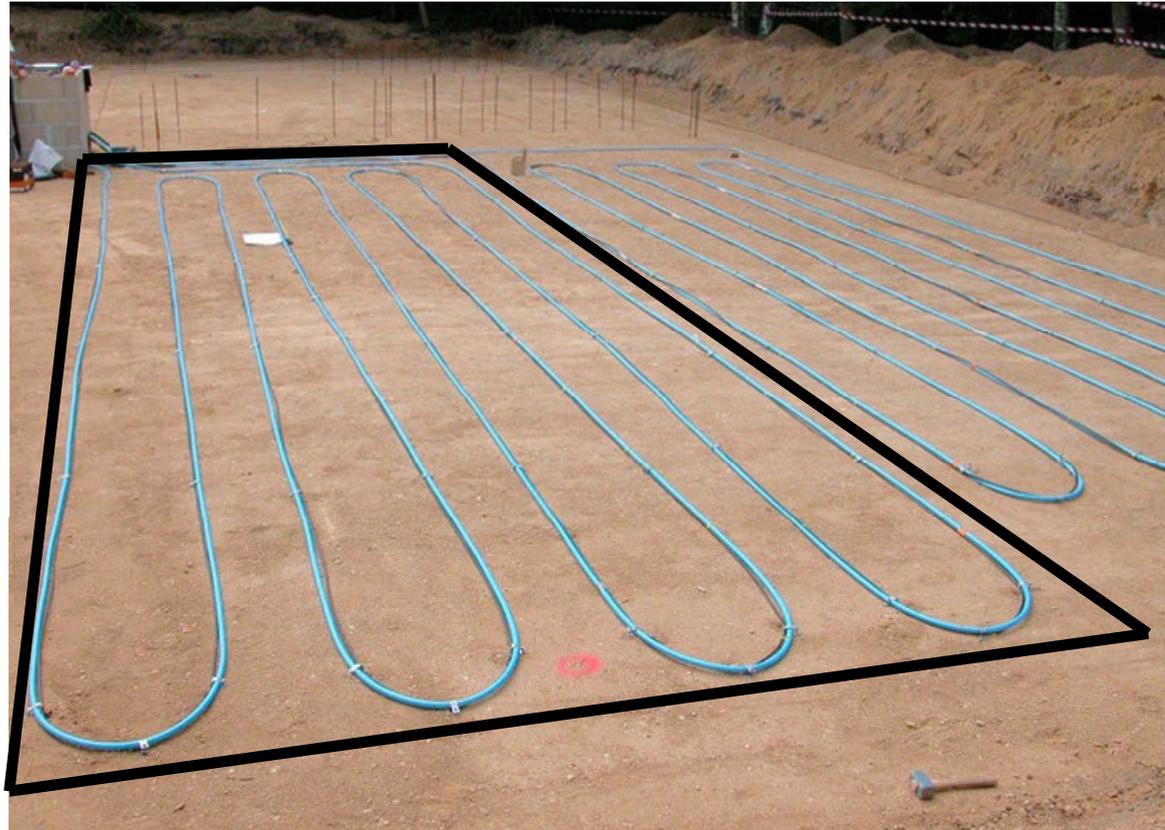


> Modèle transitoire semi-3D

- Transfert de chaleur fluide-paroi 1D
- Conduction radiale dans le sol environnant le tuyau par tranches



Géométrie de la boucle d'échangeur in-situ



- **Boucle de tuyau en serpentin utilisée pour le test:
1 tuyau de 100 m de long en PEHD 20x1.9
enterré à une profondeur de 1 m**

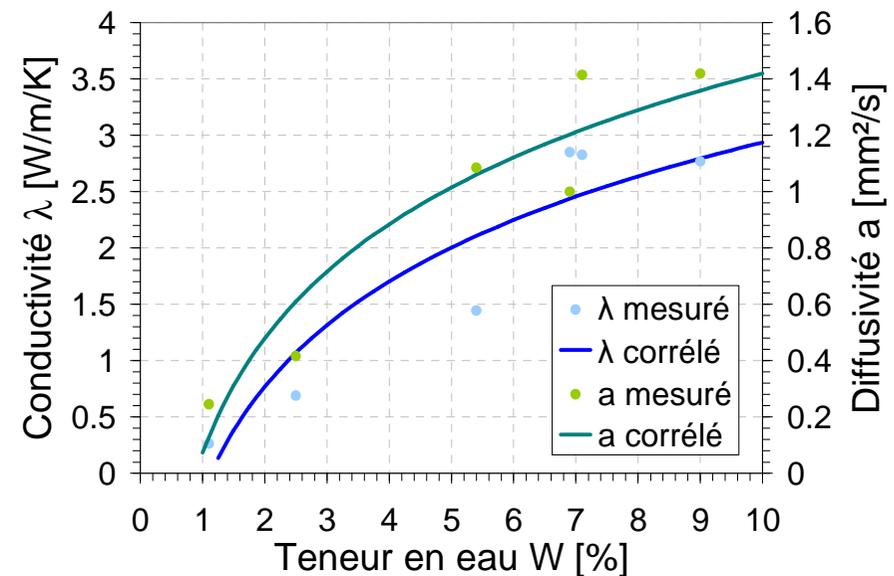
Détermination des propriétés thermiques du sol

> Mesures en laboratoire sur des échantillons de sol du terrain expérimental:



> Etablissement de corrélations pour les propriétés thermiques du sol dépendant de la teneur en eau W :

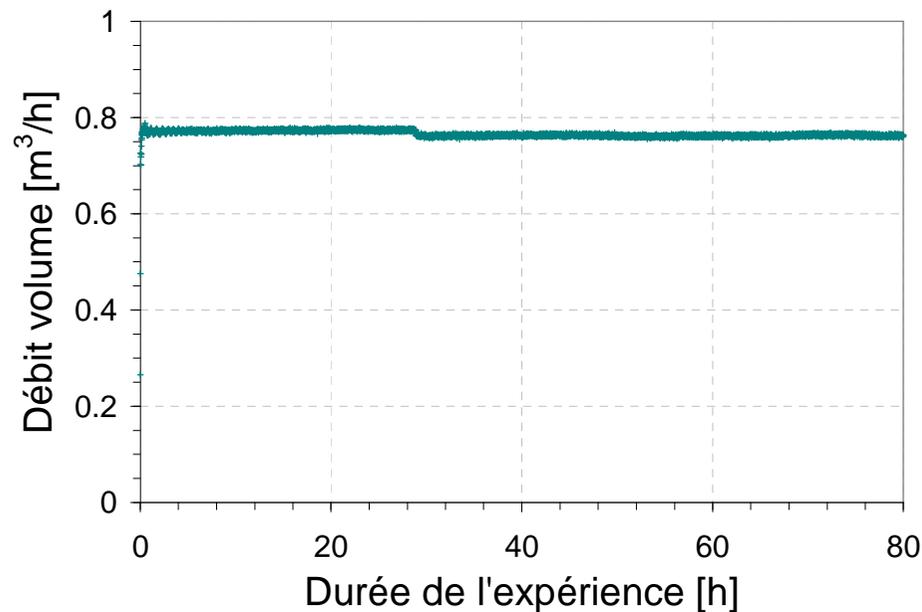
$$\lambda = 3.100 \log_{10}(W) - 0.165$$
$$a = 1.346 \log_{10}(W) + 0.074$$



Description de l'essai de validation

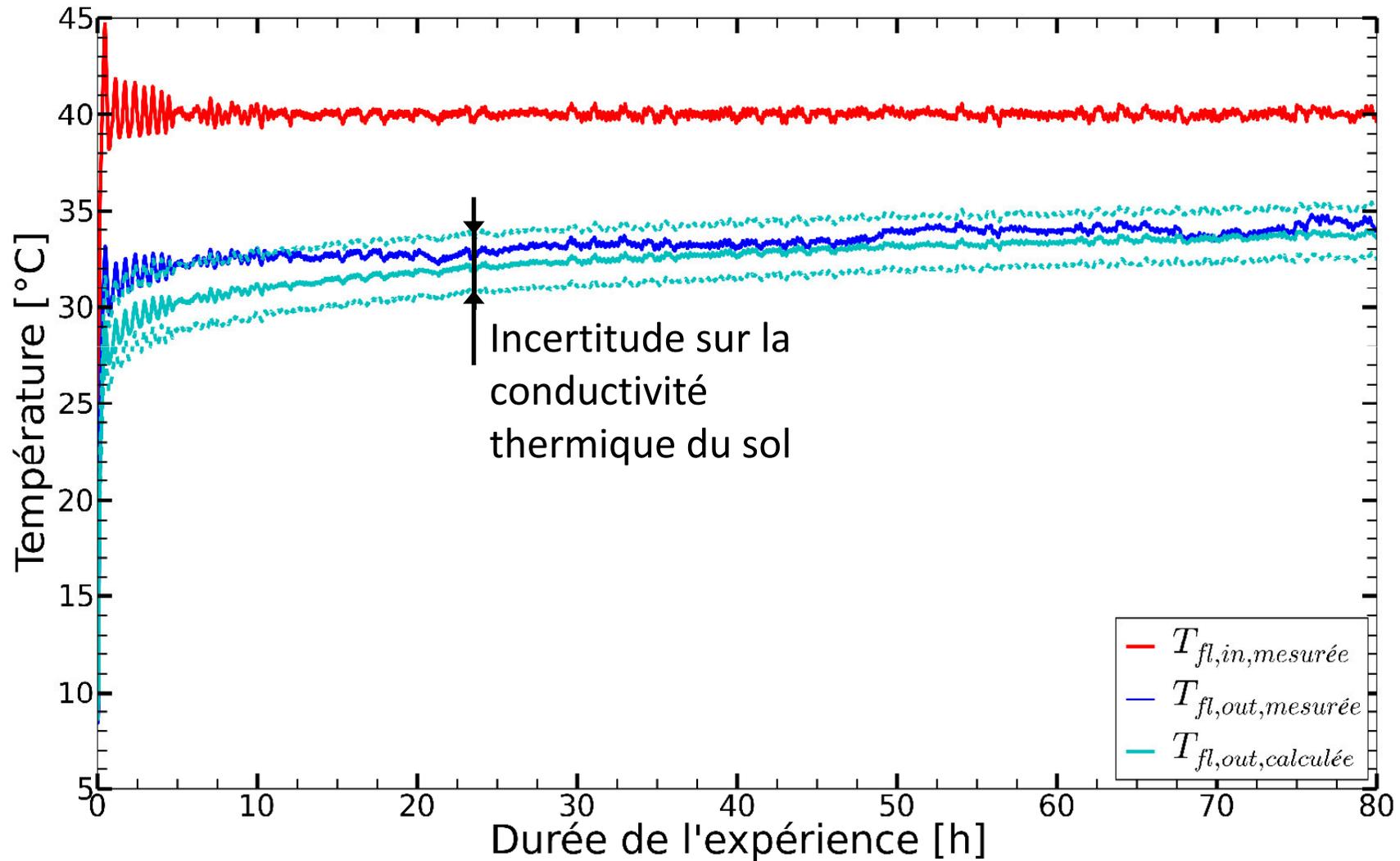
> Conditions d'essai

- Durée de l'essai: 80 h
- Température d'entrée du fluide et débit imposés constant:
 - Débit volume = $0.77 \text{ m}^3/\text{h}$
 - Température d'entrée du fluide = 40°C



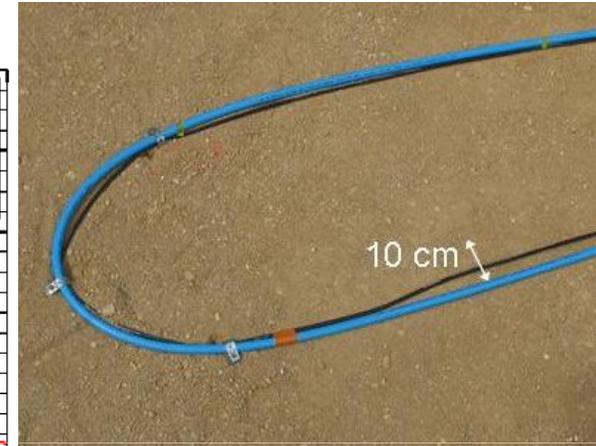
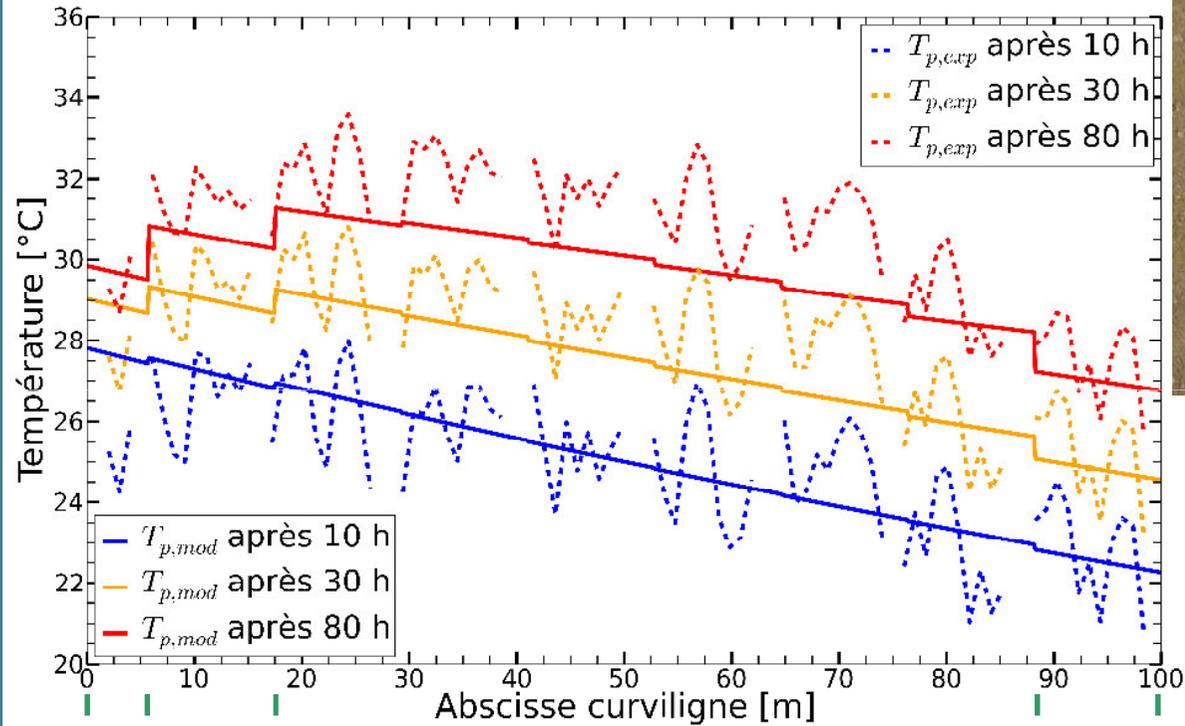
- > Acquisition de la température du fluide entrée/sortie
- > Mesure de la température du sol le long du tuyau

Température entrée/sortie du fluide au cours de l'essai *Comparaison avec les prédictions du modèle*



Température du sol à la paroi du tube

Comparaison aux prédictions du modèle



$T_{p,mod}$ après 10 h
 $T_{p,mod}$ après 30 h
 $T_{p,mod}$ après 80 h

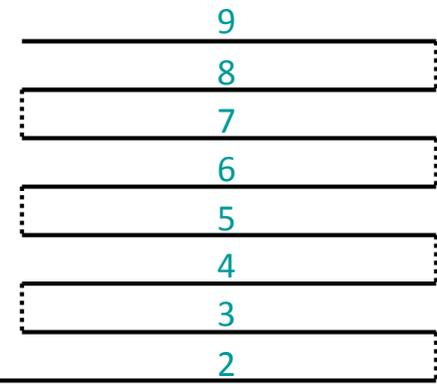
$T_{p,exp}$ après 10 h
 $T_{p,exp}$ après 30 h
 $T_{p,exp}$ après 80 h

1 2

3,4,5,6,7,8

$T_{f,in}$ 1

$T_{f,out}$



Conclusions et perspectives

> **Conclusion:**

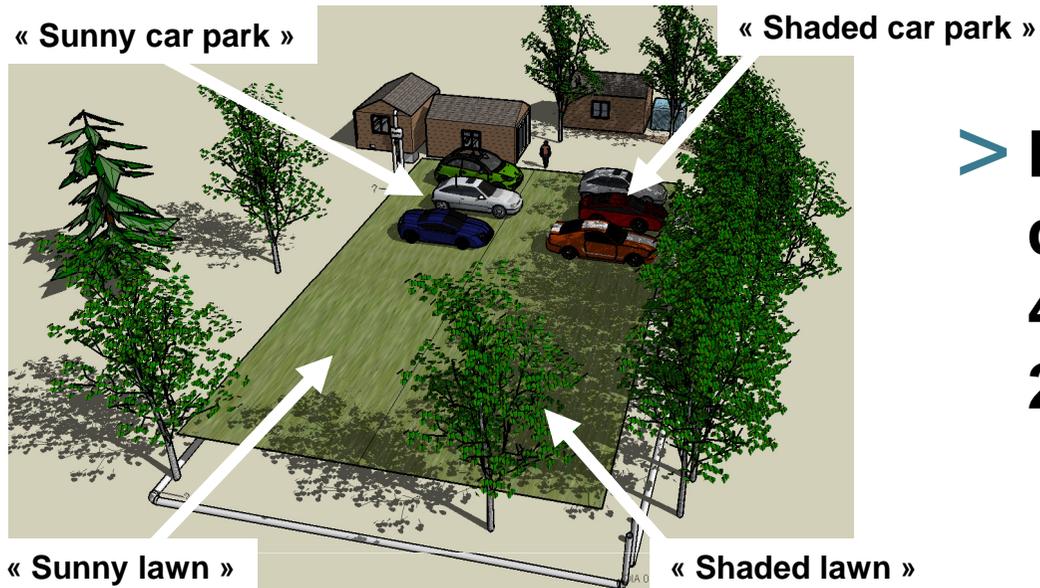
- Validation expérimentale d'un modèle d'échangeur horizontal par 2 mesures de température:
 - Température de sortie du fluide
 - Température du sol à la paroi du tuyau

> **Application – Travaux en cours:**

- Développement d'un modèle 3D détaillé couplant transferts de chaleur et de masse afin d'expliquer les écarts en début d'essai
- Intégration du modèle d'échangeur horizontal proposé aux outils de simulation dynamique de bâtiment
- Etablissement de nouvelles règles de dimensionnement

Merci pour votre attention

Layout of the ground heat exchangers



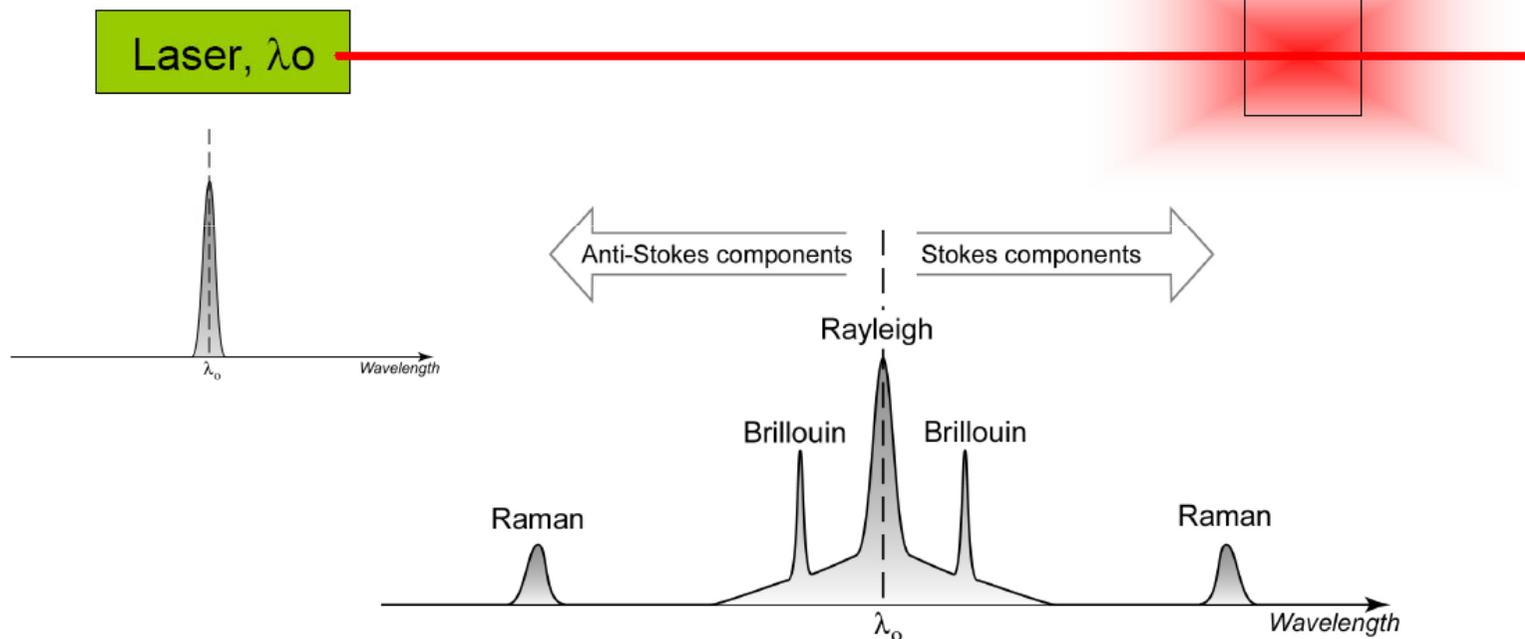
> Horizontal GHE disposed on 4 sectors including 2 pipe loops each



Optical fiber temperature sensing

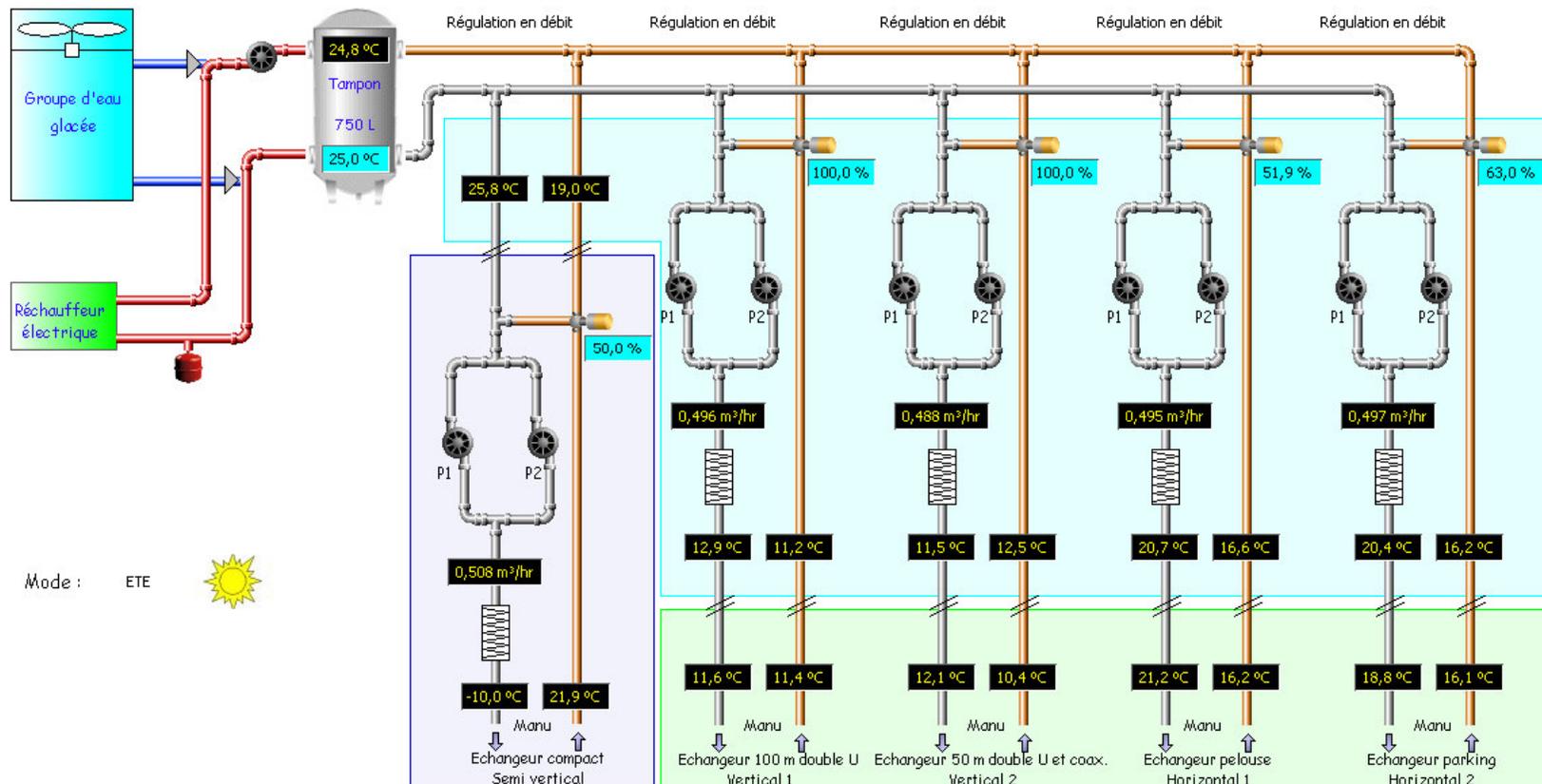
> **Distributed temperature sensor allowing measurement of a temperature profile along an optical fiber unrolled in the underground**

- Measurement principle:



> **About 10 km of optical fiber spread in the underground to measure the soil temperature around the different types of ground heat exchangers**

Thermodynamic machinery



> Monitoring window of the different regulation loops of the test facility