



Association régie par la loi  
du 1.07.1901

---

# Comité Français de Mécanique des Sols et de Géotechnique

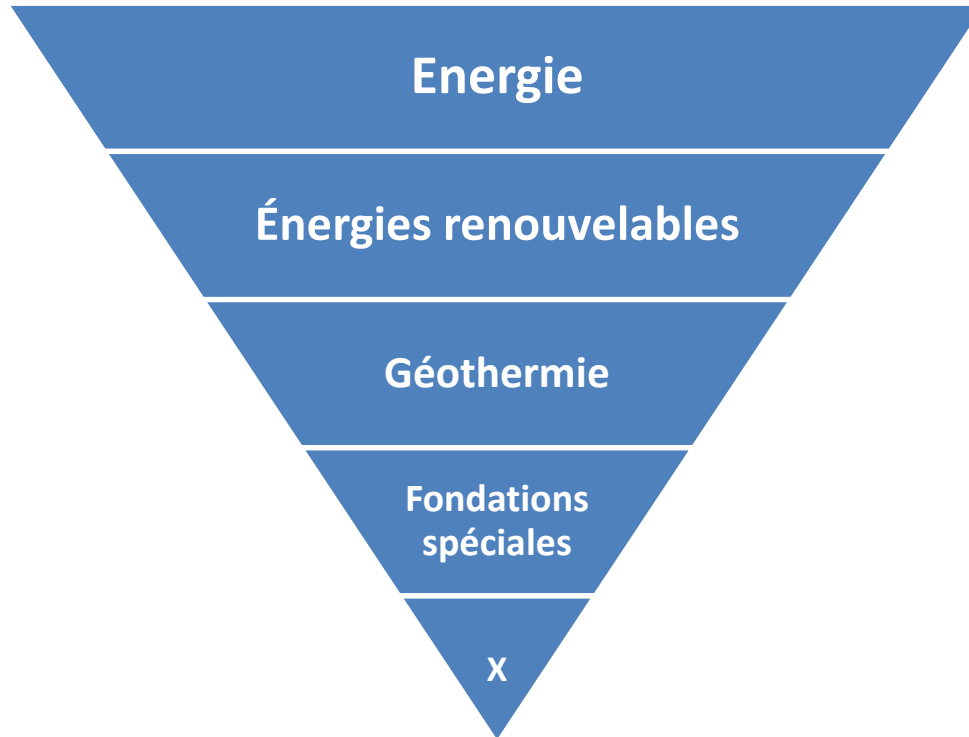
---

**Journées techniques du 21 Mai 2014**

**« les structures géothermiques »**

**Retour d'expérience – les étapes et interactions, de la conception à la mise en oeuvre**

# Les géostructures énergétiques : une application de niche



# 35 ans de retour d'expérience sur ces procédés

- « Nouveau » un France mais pas « innovant »
- Existe depuis 35 ans à l'étranger.
- Inventé en Autriche par **enercret**<sup>®</sup>
- **enercret**<sup>®</sup> partenaire exclusif de **ecome** en France
  - Des milliers de pieux géothermiques réalisés,
  - Des parois moulées,
  - Des radiers
- Des méthodologies de dimensionnement et des techniques de mise en œuvre éprouvées



## ATRIO Shopping Center Villach

Location:	Villach, Austria
Termination:	2006
Type of Absorber:	600 pieux
Heating Capacity:	5.000 kW
Cooling Capacity:	6.000 kW



## Columbus Center

Location:	Vienne, Autriche
Termination:	2005
Type of Absorber:	300 pieux, paroi moulée
Heating Capacity:	1.200 kW
Cooling Capacity:	1.400 kW



## Station de métro Südtirolerplatz, Vienne

Type d'utilisation: locaux techniques (Wiener Linien), commerces

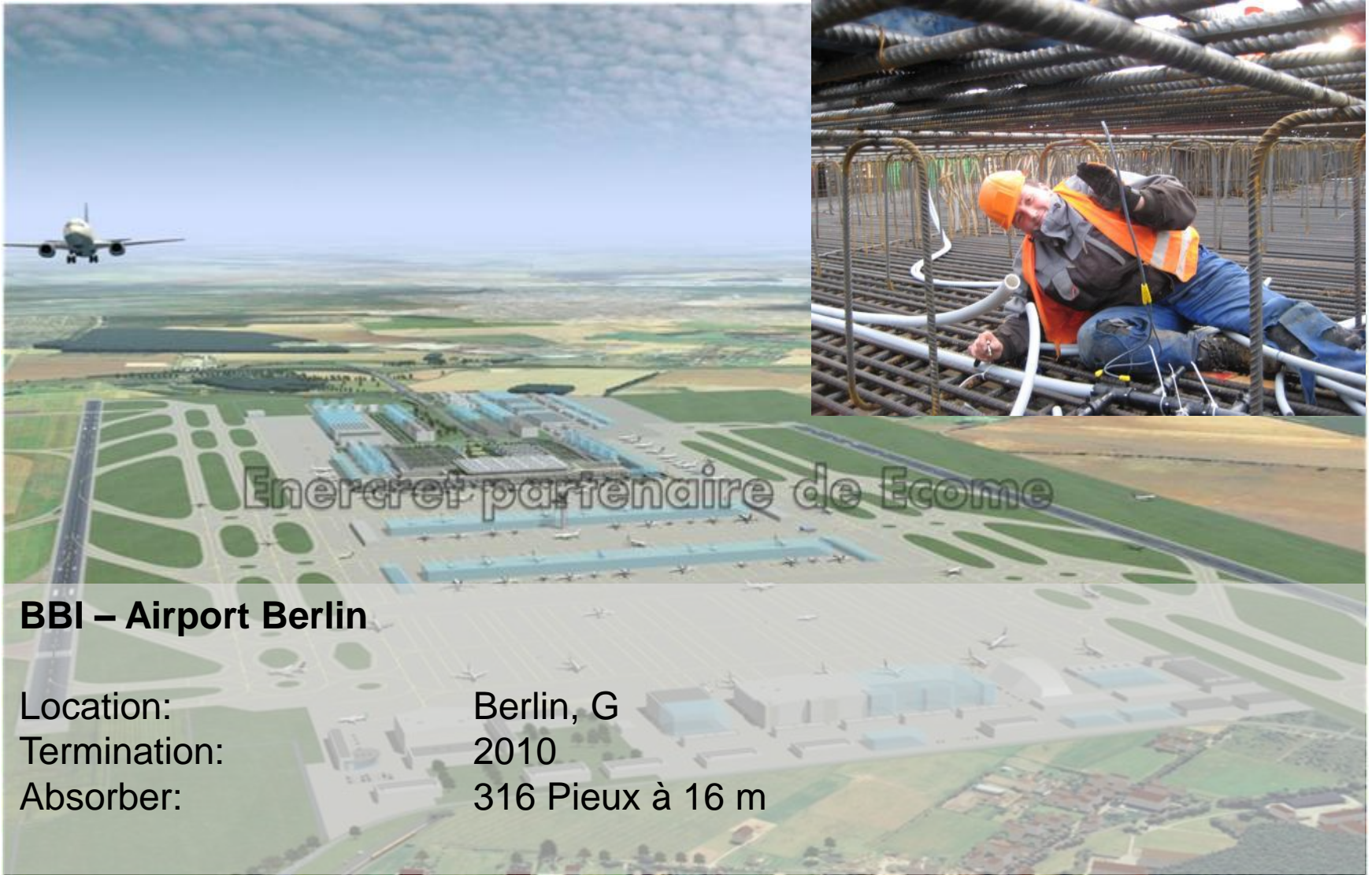
Hauteur de construction: deux niveaux

Surface: 10.000 m<sup>2</sup>

Type captage: 46 pieux(paroi berlinoise), D=90 cm, 10 m  
22 forages de géothermie sur sonde à 120 m  
radier 600 m<sup>2</sup> (épaisseur 150 cm)

Chauffage: 304 kW

Refroidissement : 220 kW



Enercrec partenaire de Ecome

**BBI – Airport Berlin**

Location: Berlin, G  
Termination: 2010  
Absorber: 316 Pieux à 16 m

## Démarche d'homologation depuis 2008

- 1 ATEX sur Radier (Parking Vinci Park Neuilly)
- 2 ATEX sur pieux
- 1 ID+ avec le CSTB
- 1 projet de recherche ANR
- Avis technique GEOPRO obtenu en 2012
- Classement « vert » par la commission C2P (CSTB, assureurs, bureaux de contrôle) en Décembre 2013

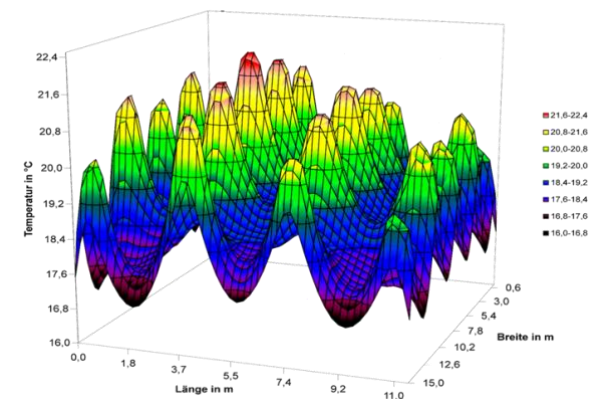




- **Axe ANR :** « **Systèmes Energétiques Efficaces et Décarbonés** »
- **Projet lauréat :** **Géostructures et stockage solaire**
- **Membres groupement :**
  - **Coordinateur :** **ecome**
  - **Membres:**



- **Date :** **Octobre 2011. Durée 3 ans.**



# CONCEPTION D'UN SYSTÈME DE CAPTAGE ENERGETIQUE SUR RADIER ET MONITORING DE PERFORMANCES DE L'INSTALLATION SUR UN PARKING A NEUILLY-SUR-SEINE (92)

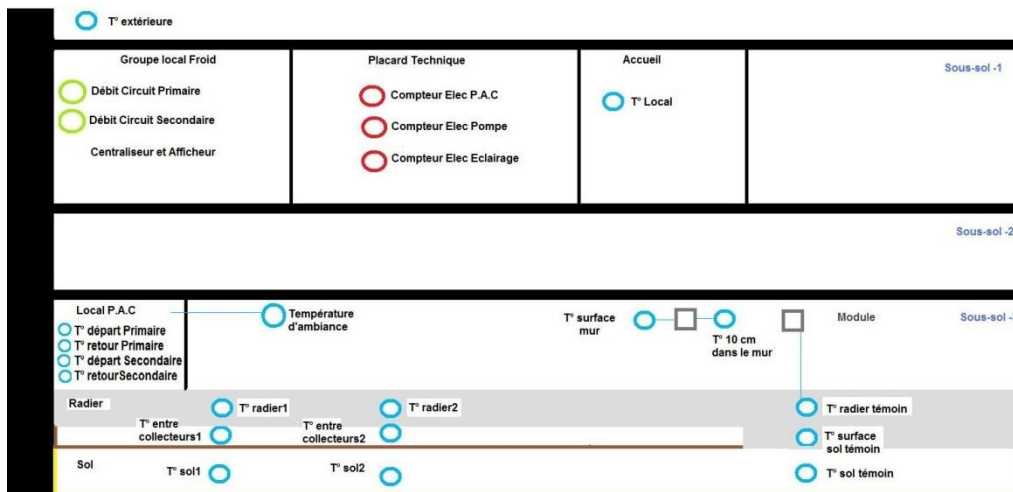
## ➤ Objectifs de la mission

Etudier la faisabilité d'un système de récupération d'énergie sur le radier du parking pour chauffer et refroidir les locaux techniques et d'accueil du parking

## ➤ Tâches réalisées

- Etude de mise en place d'un système de pompe à chaleur sur fondations thermoactives dans le radier du parking
- Conception d'un monitoring de performance consultable à distance
- Mise en place du système de monitoring
- Montage du dossier d'ATEx validé par le CSTB

- Maître d'Ouvrage : VINCI PARK
- Année : 2009 - 2010



# MISE EN ŒUVRE D'UN SYSTÈME DE FONDATIONS THERMO-ACTIVES SUR PIEUX ENERGETIQUES SUR UN IMMEUBLE DE LOGEMENTS COLLECTIFS A LIMAY (78)

## ➤ Objectif de la mission

Mise en œuvre d'un système de fondations thermo-actives pour le chauffage et le rafraîchissement (par free cooling) d'une résidence de 23 logements

- Maître d'Ouvrage : EFIDIS
- Année : 2010 - 2011

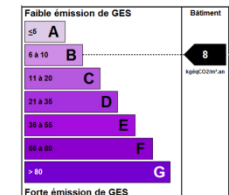
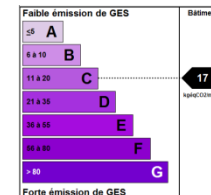


## ➤ Tâches réalisées

- Etude d'exécution du système : 55 pieux énergétiques, passage d'un niveau THPE à un niveau BBC Effinergie
- Calcul des pertes de charge du réseau et dimensionnement hydraulique
- Conception du fonctionnement réversible par free cooling
- Mise en œuvre des pieux énergétiques (G)



	SANS PIEUX GEOTHERMIQUES	AVEC PIEUX GEOTHERMIQUES
<b>MODE DE CHAUFFAGE</b>	Chaudière condensation et capteurs solaires	Chaudière condensation, capteurs solaires et PAC sur pieux géothermiques
<b>LABEL DE PERFORMANCE</b>	HPE 2005	BBC Effinergie
<b>CEP (Kwhép/m².an)</b>	84	62 (-26%)
<b>EMISSIONS GES (kgéqCO²/m².an)</b>	17	8 (-53%)
<b>CONSO ENERGIE ANNUELLE</b>	5 324 €	3 261 €
<b>COUT ENTRETIEN ANNUEL</b>	4 250 €	5 000 €
<b>COUT TOTAL ANNUEL</b>	9 574 €	8261 (-14%)
<b>RAFRAICHISSEMENT</b>	Non	Par freecooling sans surcoût



# ETUDE ET CONCEPTION D'UN SYSTÈME DE FONDATION THERMOACTIVES SUR PIEUX ENERGETIQUES POUR UN BATIMENT TERTIAIRE A TOURS (37)

## ➤ Objectif de la mission

Etude technico économique et conception d'un système de fondations thermoactives sur pieux énergétique pour le chauffage et le rafraîchissement des bureaux du centre de maintenance des tramways de Tours

## ➤ Tâches réalisées

- Dimensionnement thermique et hydraulique prévisionnel des équipements thermoactifs
- Etude de faisabilité d'un mode « free cooling »
- Etude financière de rentabilité du système
- Modélisation dynamique du comportement du système
- Dimensionnement hydraulique des systèmes
- Mise en œuvre du dispositif de captage d'énergie (GP)

- Maître d'Ouvrage : SITCAT
- Année : 2011

The logo for SITCAT, featuring the word "sitcat" in a lowercase, sans-serif font. The letters "s", "i", and "t" are orange, while "c", "a", and "t" are red. The letters are slightly shadowed to give a 3D effect.

# CONCEPTION ET MISE EN ŒUVRE D'UN SYSTÈME DE FONDATIONS THERMO-ACTIVES SUR PIEUX ÉNERGETIQUES SUR UN COLLEGE A ACHERES (78)

## ➤ Objectif de la mission

Etude technico économique et conception d'un système de fondations thermo-actives sur pieux énergétique pour la production de chauffage, d'eau chaude sanitaire et de rafraîchissement dans un collège

- Maître d'Ouvrage : CG Yvelines
- Année : 2012 - 2013

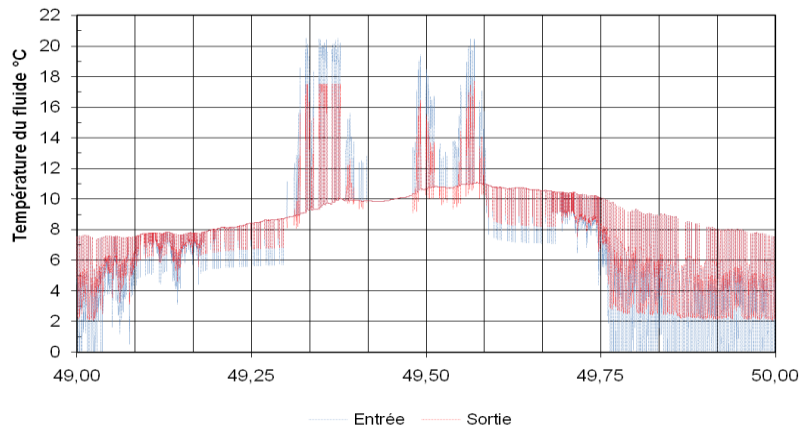


**Yvelines**  
Conseil général

## ➤ Tâches réalisées

- Etude de faisabilité technique multi-scenarii (chauffage seul, chauffage + ECS + free cooling)
- Dimensionnement thermique prévisionnel des équipements thermo-actifs
- Etude financière de rentabilité du système en comparaison d'une solution de référence (gaz)
- Intégration des éléments nécessaires aux pièces écrites du marché
- Mise en œuvre de 84 pieux géothermiques

Température du fluide dans les pieux - Année 50



# CONCEPTION ET MISE EN ŒUVRE D'UN SYSTÈME DE FONDATIONS THERMO-ACTIVES SUR PIEUX ENERGETIQUES SUR UNE PEPINIERE D'ENTREPRISE A BAYONNE (64)

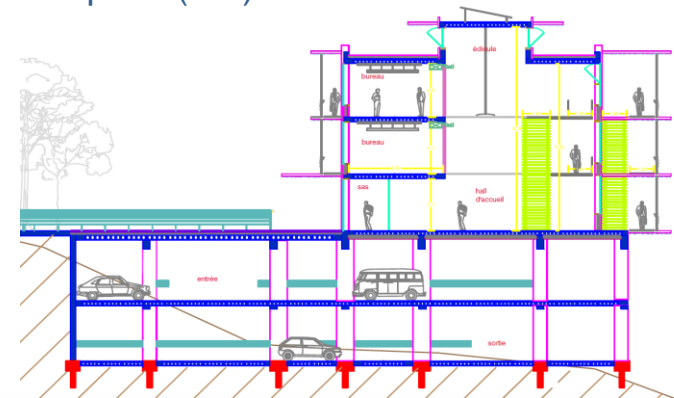
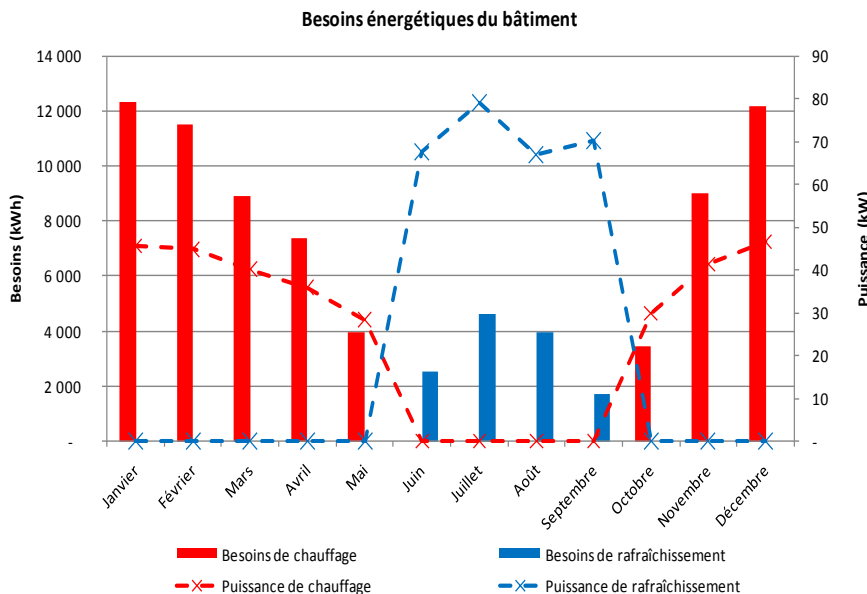
## ➤ Objectif de la mission

Etude de mise en œuvre de fondations thermo-actives pour le chauffage et le rafraîchissement d'une pépinière d'entreprise.

## ➤ Tâches réalisées

- Etude de faisabilité technique de mise en œuvre de pieux énergétiques,
- Dimensionnement thermique prévisionnel des équipements,
- Etude de faisabilité d'un mode « free-cooling »,
- Mise en œuvre d'un dispositif de captage géothermique sur 76 pieux(GP).

- Maître d'Ouvrage : Groupe ETCHART
- Année : 2012 - 2013



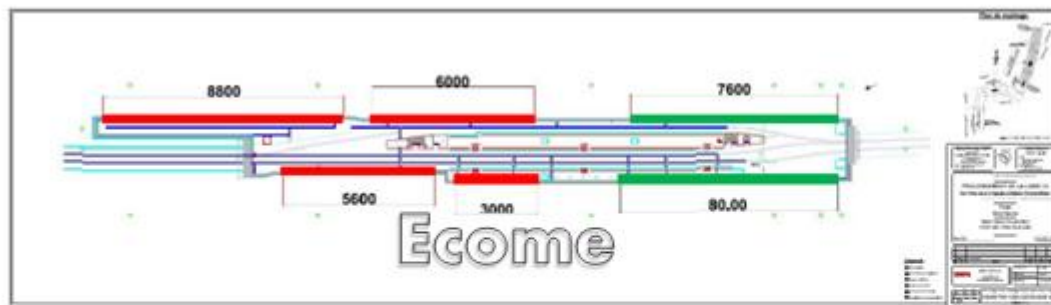
## ➤ Objectifs de la mission

géothermique sur la station mairie d'Aubervilliers, et prolongement de la ligne 14 pour besoins internes de chaud et froid, ou chauffage des bâtiments au droit des stations

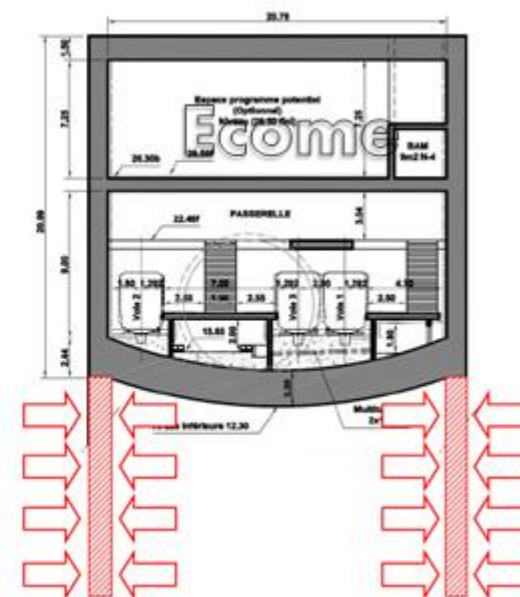
## ➤ Résultat

- Captage par paroi moulée sur les stations Maire d'Aubervilliers (L4)
- Captage par paroi moulée sur stations Pont Cardinet, Mairie de Saint Ouen et Porte de Clichy.

- Maître d'Ouvrage : RATP
- Année : 2011-2014



- Linéaire de paroi moulée enterrée à équiper pour alimenter la zone SUD (scénario A)
- Linéaire de paroi moulée enterrée à équiper pour alimenter la zone NORD (scénario A)

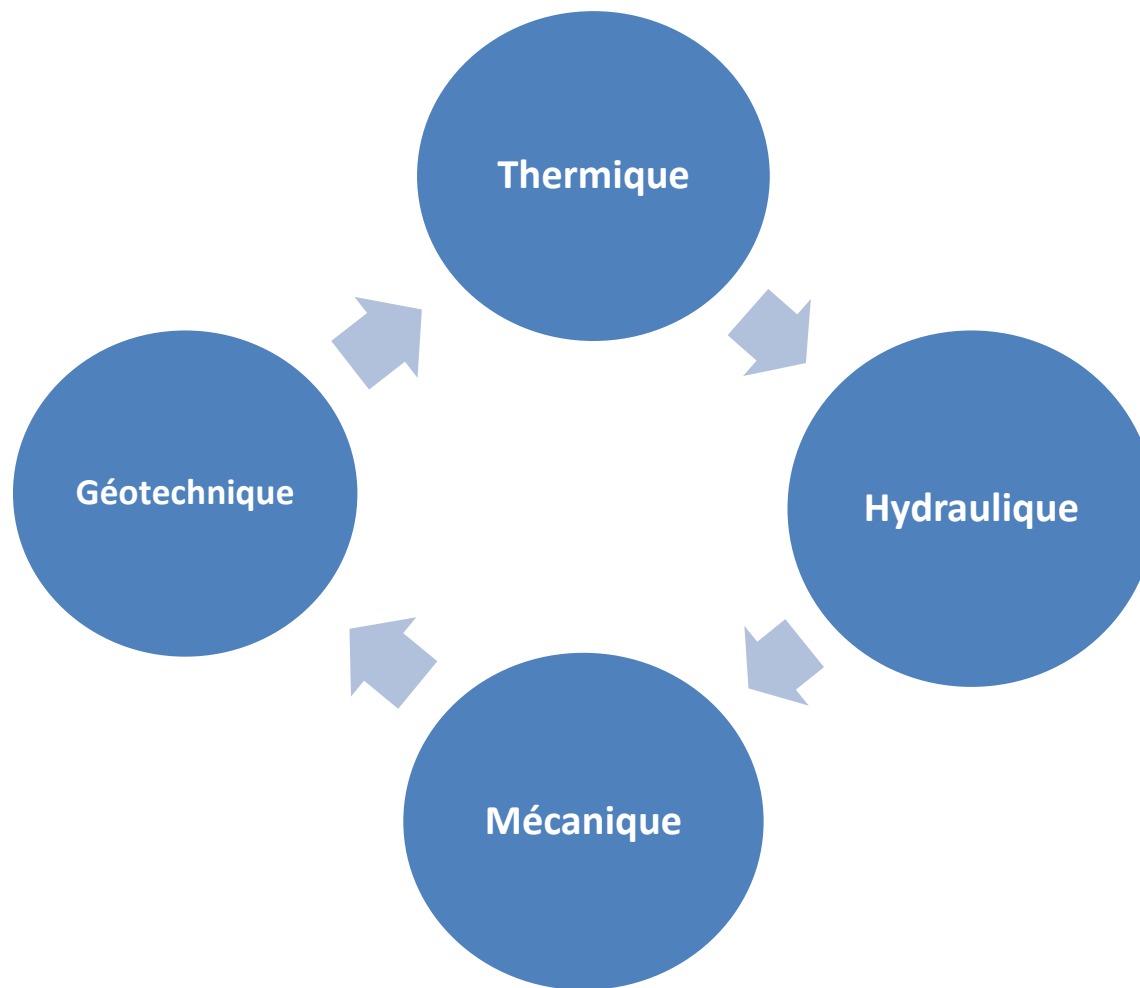


# Avis Technique « Geopro »: de la conception à la mise en oeuvre

- Importance de l'intégration de la conception et de la mise en œuvre des systèmes de captage par pieux géothermiques.
- Avis technique pour :
  - La conception
    - Thermique,
    - Mécanique,
    - Hydraulique.
  - La mise en œuvre
    - Equipement des pieux,
    - Liaisons jusqu'au local technique,
    - Mise en eau et équilibrage

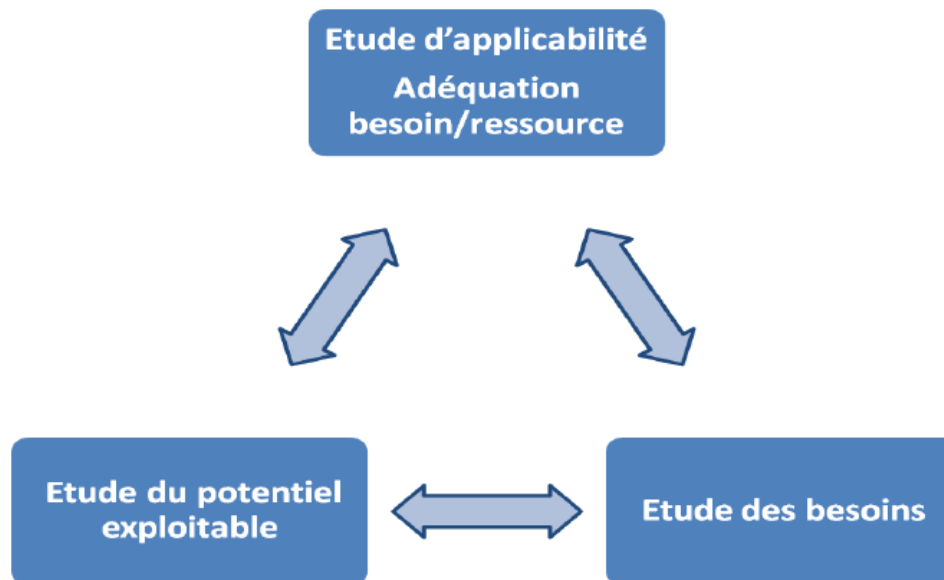


# Des compétences combinées pour une étude conjointe



# Détermination conjointe des besoins et des ressources

- Etude des besoins énergétiques et de leur typologie
- Etude des ressources exploitables
- Recherche de l'adéquation des besoins et des productions potentielles



# Les étapes de conception

## Etude des besoins

- Besoins en chauffage et refroidissement
- typologie des besoins
- Objectifs du projet

## Etude des ressources exploitables

- Type de structure exploitable
- Intégration dans le concept énergétique général
- Etude économique comparée de rentabilité

## Dimensionnement thermique

- Modélisation mathématique dynamique sur 1 an
- Modélisation mathématique dynamique sur 25 à 50 ans.

## Dimensionnement hydraulique

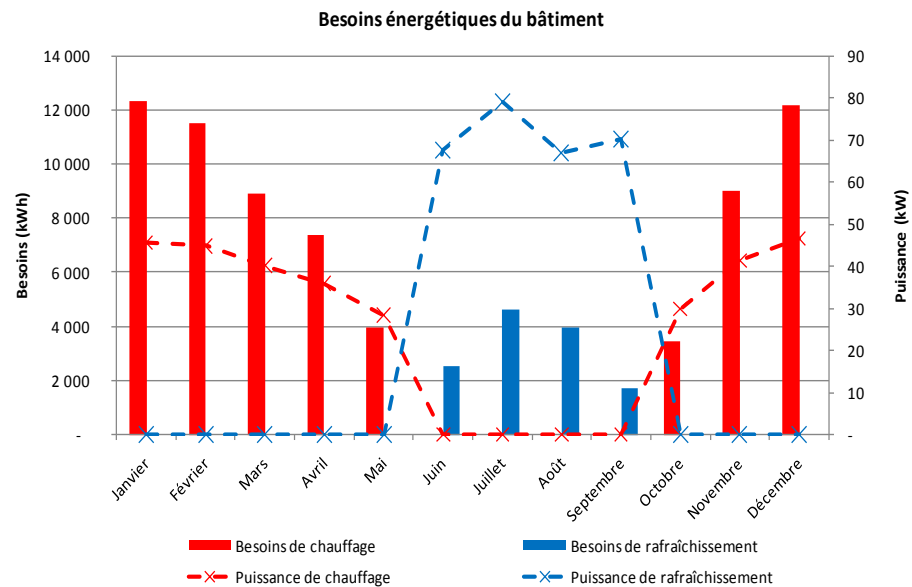
- Détermination des pertes de charge
- Dimensionnement hydraulique des circuits

## Dimensionnement mécanique

- Détermination de la charge variable d'origine géothermique pour prise en compte dans dimensionnement et vérifications

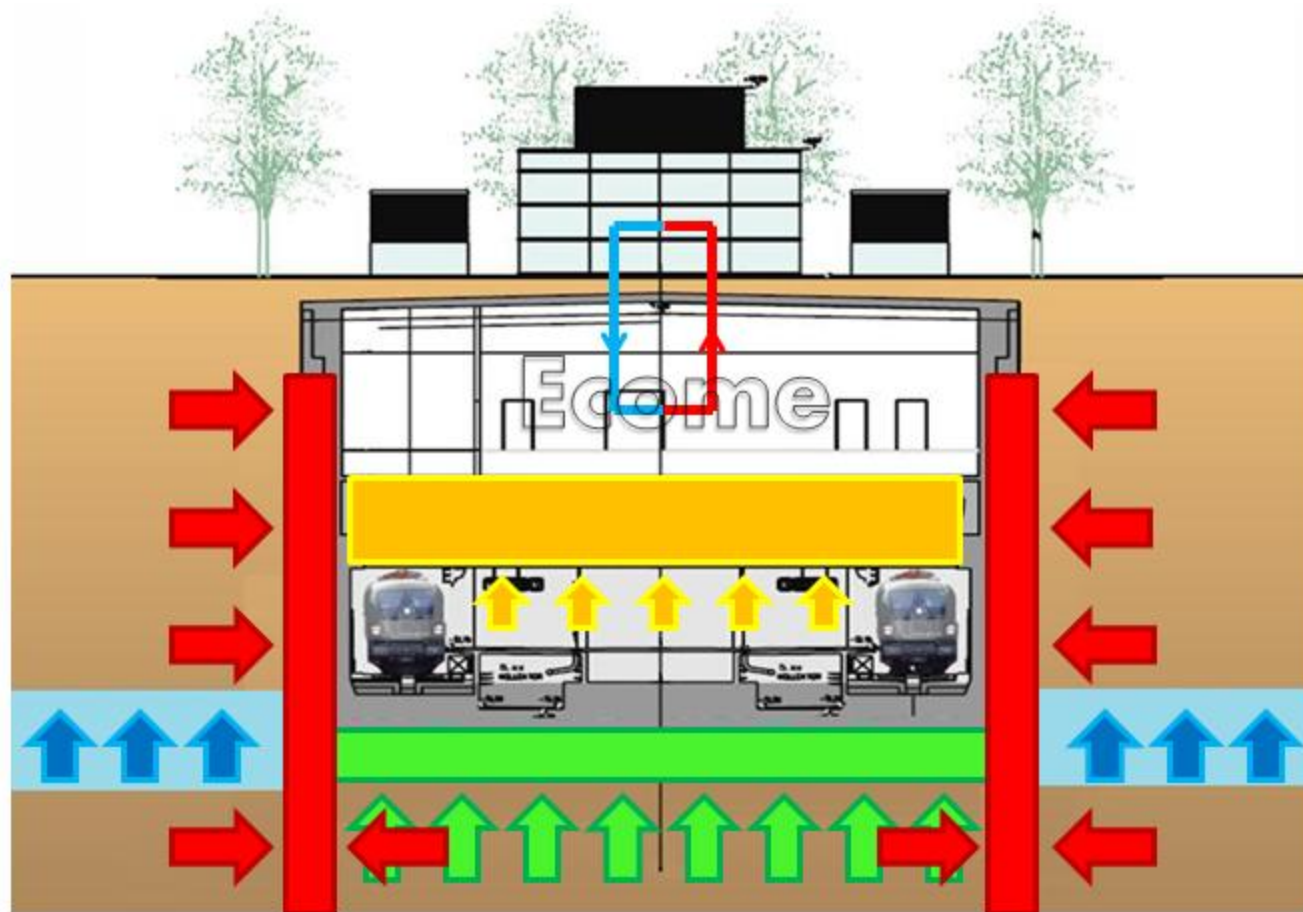
# Conception : détermination des besoins

- Quantité d'énergie en chaud et en froid
- Typologie de la demande
- Type de systèmes complémentaires ou d'appoint



# Conception : identification et sélection des éléments mobilisables

- Captage sur Parois
- Captage sur Radier
- Captage sur Air
- Captage sur Nappe

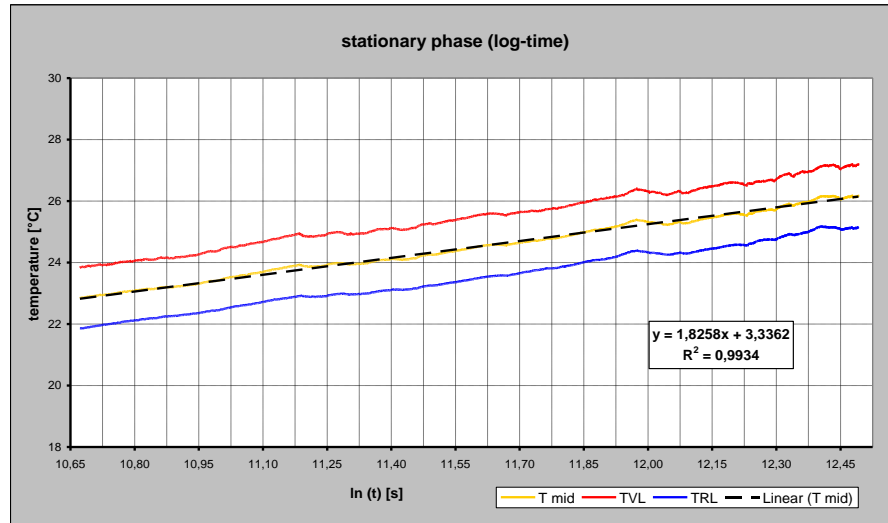


*Schéma de principe des différentes techniques de valorisation géothermique d'une station de métro*

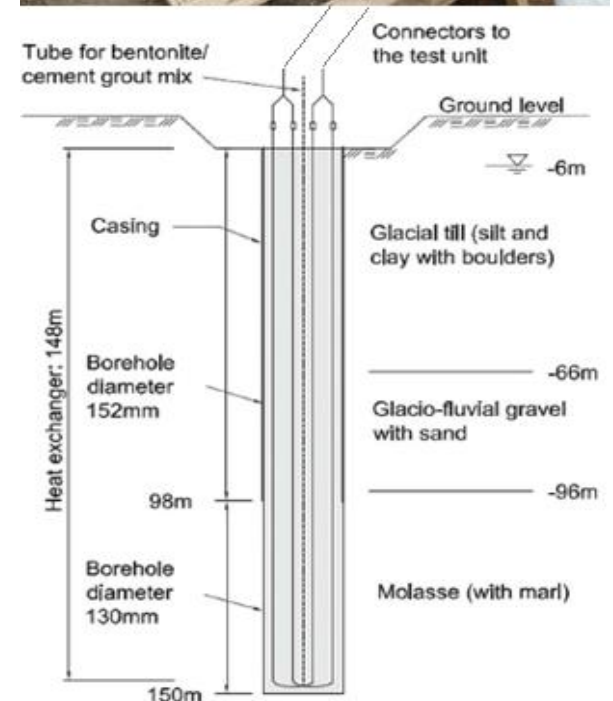
# Conception : Dimensionnement thermique

## Test de réponse thermique : caractérisation thermique du sol

- Evaluation de la température initiale du sous-sol au réel,
- Evaluation de la conduction thermique du sous-sol au réel,
- Détermination de la résistance thermique de la sonde.

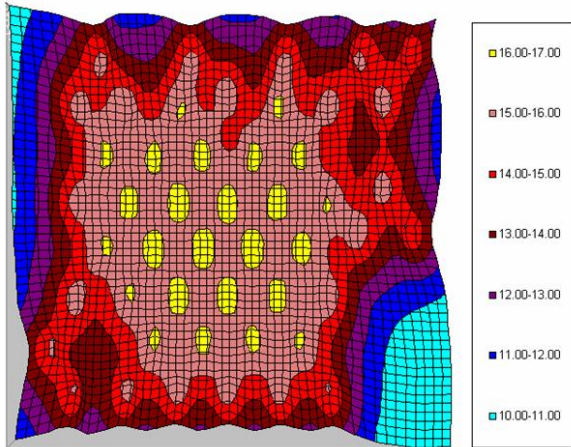


Test réponse thermique: Juillac (19)

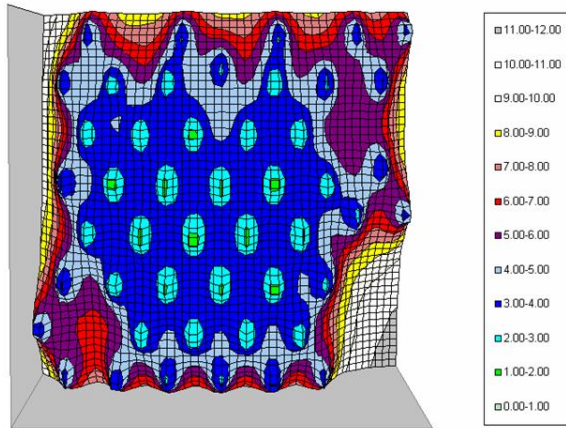


# Conception : Dimensionnement thermique

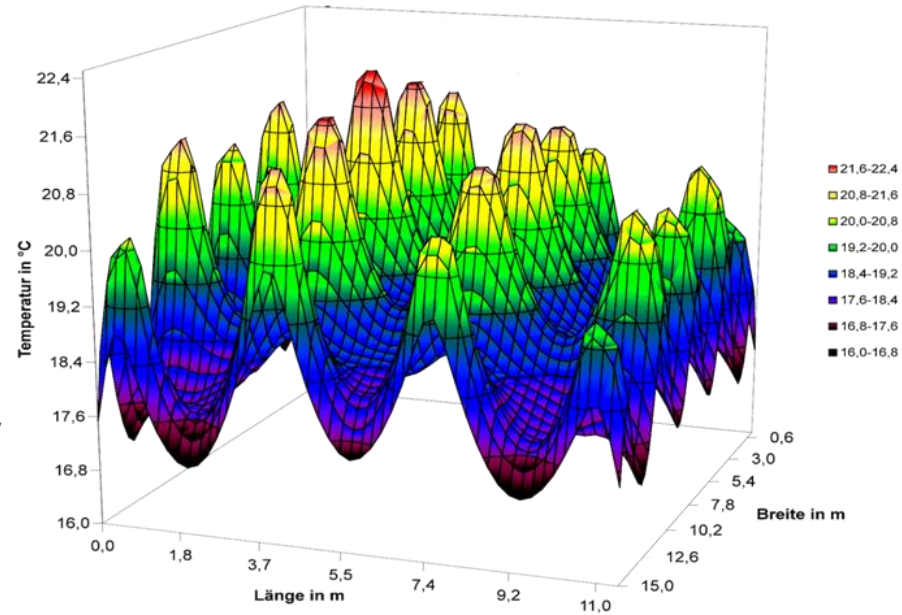
## Modélisation numérique : cycle annuel



1er Septembre



1er Février

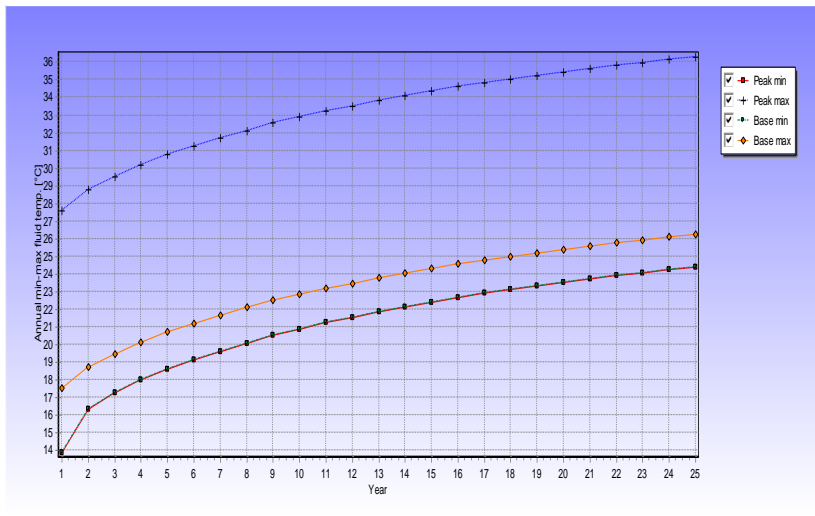


Exemple de simulation de 17 pieux

# Conception : Dimensionnement thermique

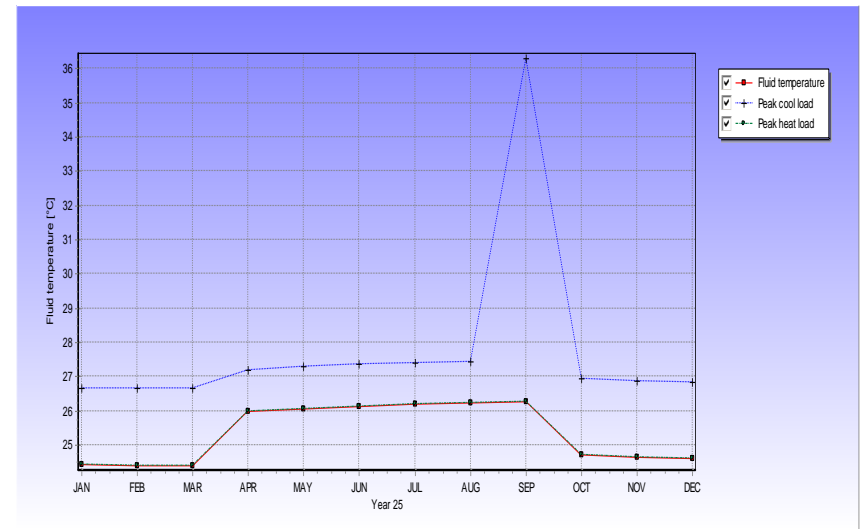
## Modélisation numérique : évolution à long terme

- Simulation de l'installation sur 25 ans,
- Dimensionnement définitif de l'installation,
- Optimisation du concept technique (hydraulique, intégration à la PAC, systèmes...)



Evolution des températures mini-maxi sur 25 ans

Champs de sonde: 35 sondes , Avord (18)

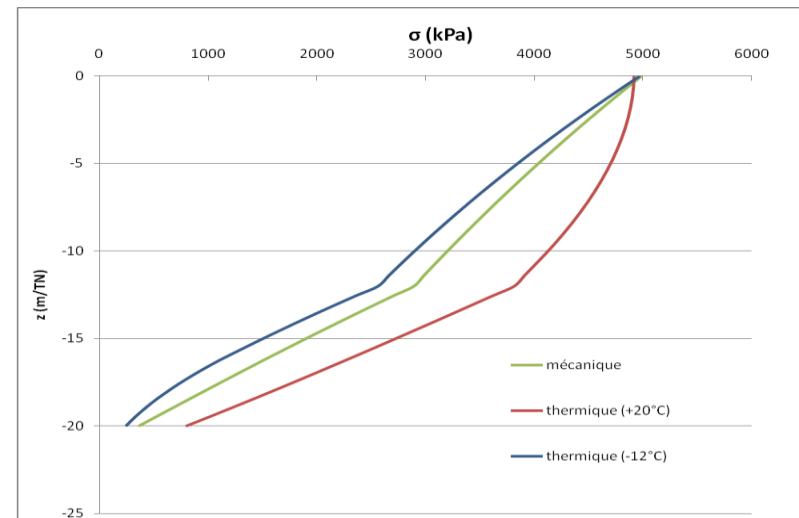


Températures charge moyenne et pointe en année 25

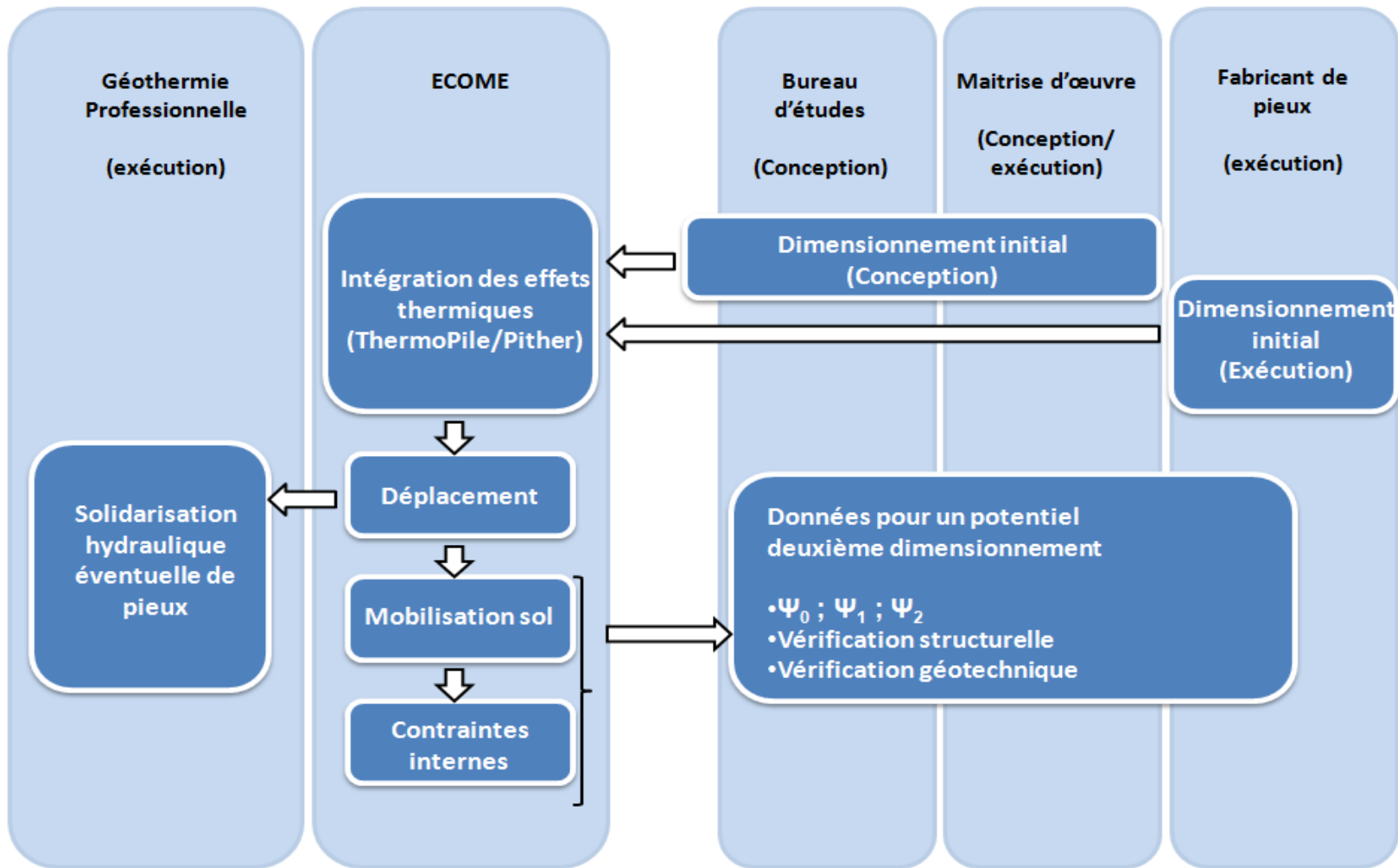


# Conception : Dimensionnement mécanique

- Détermination de la charge géothermique variable pour intégration dans dimensionnement définitif :
  - Calcul de la variation de l'effort de compression : vérification structurelle
  - Calcul de la variation de l'effort de frottement pour vérification géotechnique
  - Validation de l'absence d'impact des dilatations/contractions sur tassements différentiels
- Développement de l'outil PITHER en collaboration avec l'IFSTTAR et CEREMA

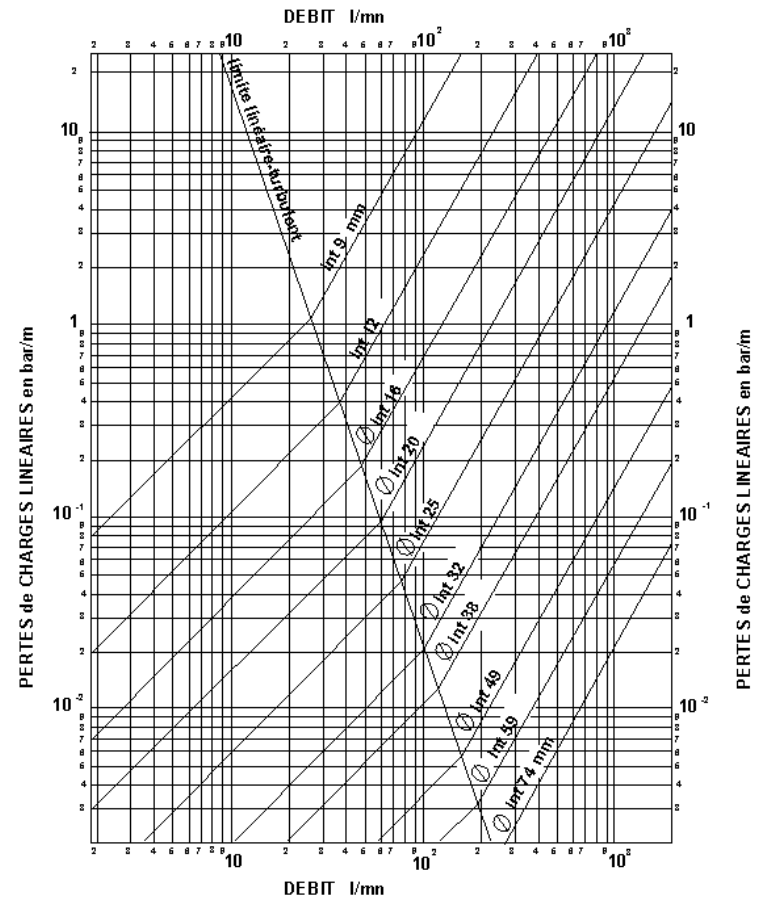


# Dimensionnement pieux : Coordination entre les acteurs



# Conception : dimensionnement hydraulique

- Calcul des pertes de charge,
- Optimisation des raccordements,
- Implantation locaux techniques
- Solidarisation hydraulique éventuelle



# Les étapes de mise en oeuvre

## Intégration des systèmes de captage dans les fondations

- Interaction avec entreprise fondations spéciales
- Intercation avec entreprise gros oeuvre

## Liaisons hydrauliques vers local technique

- Interaction avec entreprise gros oeuvre

## Installation des matériels en chaufferie

- Interaction avec entreprise Chauffage, Ventilation, Climatisation (CVC)

## Mise en eau et équilibrage

- Intercation avec entreprise CVC
- Intercation avec entreprise exploitation

## Mise en service

- Interaction avec exploitant

# Etapas de mise en œuvre : insertion dans la structure

## Pieux



## Parois moulées



# Etapes de mise en œuvre: Raccordement hydraulique

---

Raccordement réseaux

Dimensionnement hydraulique



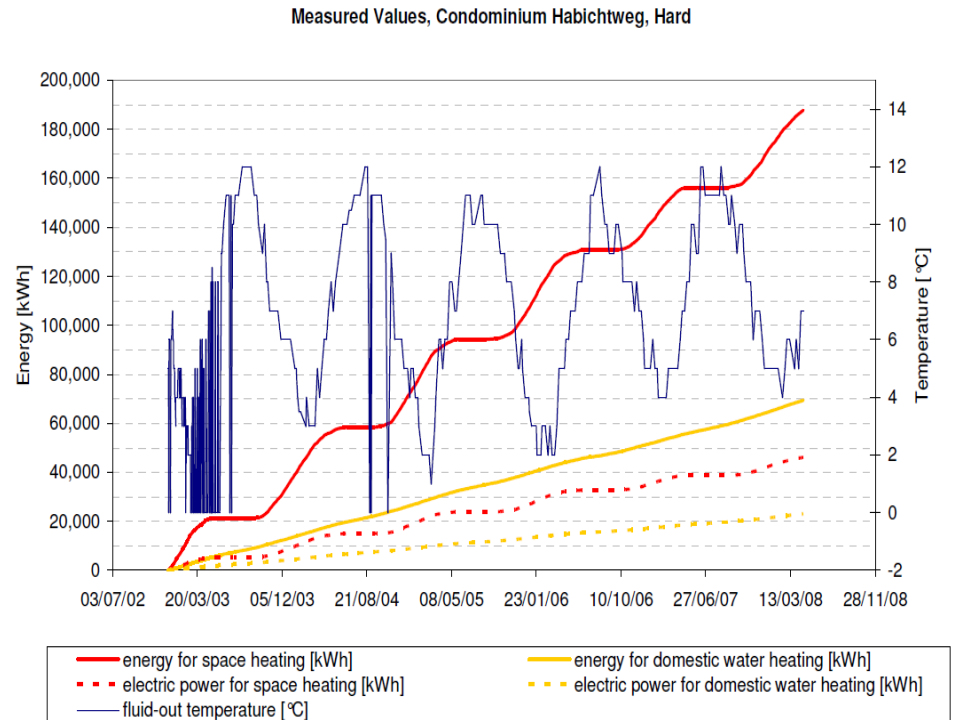
# Etapas de mise en œuvre : Systèmes en local technique

- Mise en place collecteurs en local technique,
- Mise en eau et équilibrage
- Interaction CVC
  - dimensionnement pompes,
  - vases d'expansion,
  - Régimes pompes à chaleur,



# Etapas de mise en œuvre : Mise en service et suivi

- Mise en service
- Suivi de performance et d'exploitation





**Merci de votre attention**

**ecome**

10 rue Chevreul  
92150 SURESNES  
Tel : 09.81.71.06.02  
Email : [contact@ecome.fr](mailto:contact@ecome.fr)

10 rue du Commandant Rivière  
75008 PARIS

[www.ecome.fr](http://www.ecome.fr)  
[www.geothermie-professionnelle.fr](http://www.geothermie-professionnelle.fr)