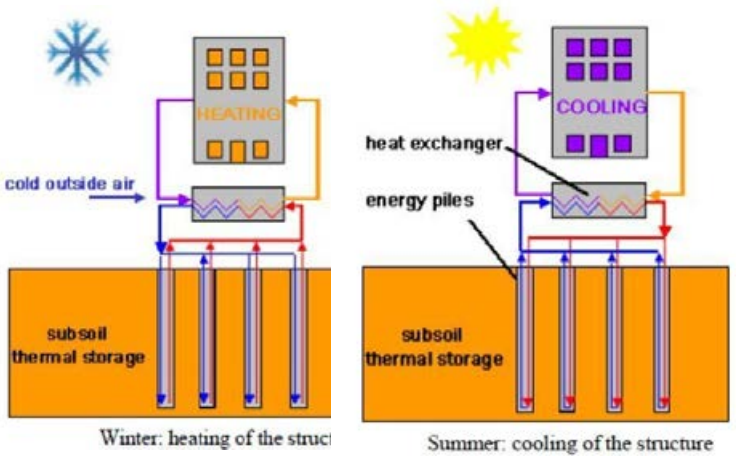
Les enjeux industriels et académiques d'une technique d'avenir pour une ville durable : **les ouvrages thermoactifs**



Winter: heating of the struct

Summer: cooling of the structure

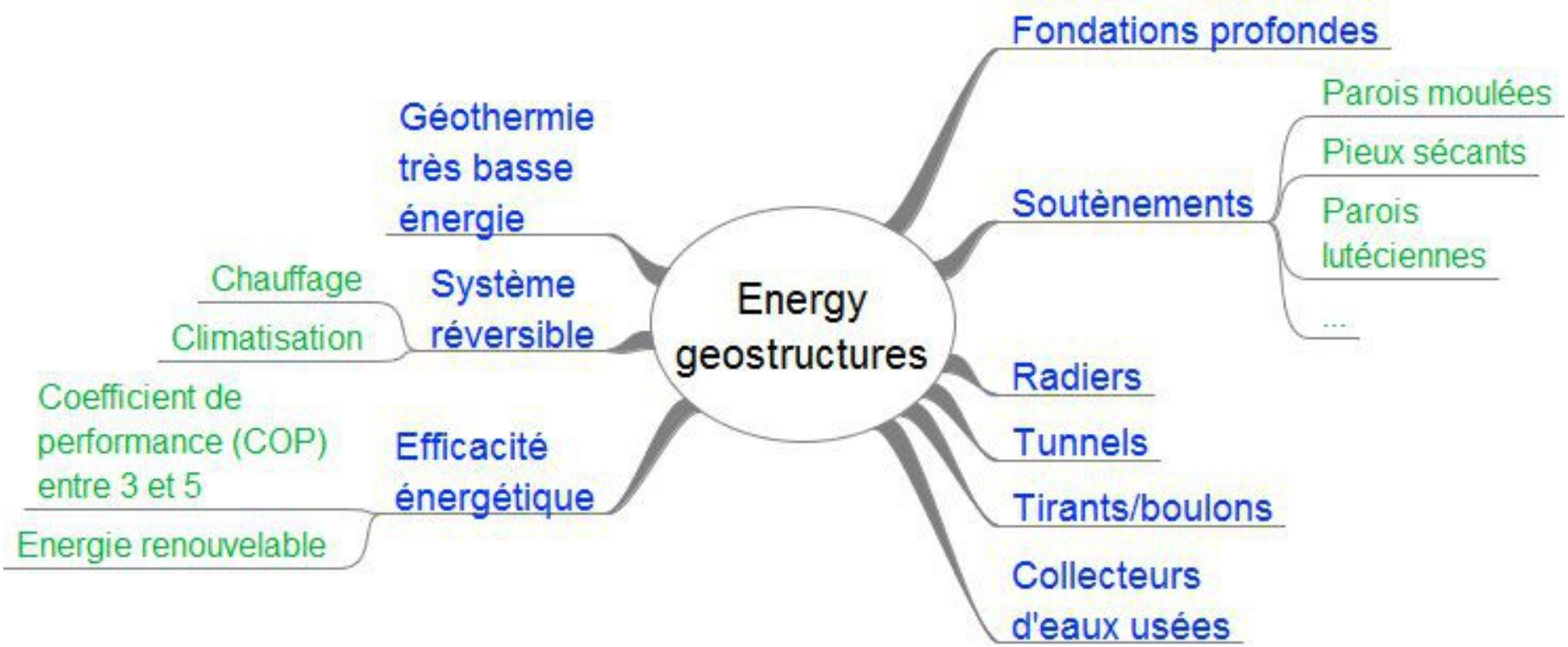
Jean-Baptiste BERNARD - Ecome
Julien HABERT – Cerema / Sébastien BURLON - IFSTTAR
Richard MANIRAKIZA - PINTO

Sommaire

- Présentation des géostructures énergétiques
- Problématiques techniques associées
- Démarche
- ATEx/ATEC
- Projets de recherche
- Projets collaboratifs
- Principaux résultats

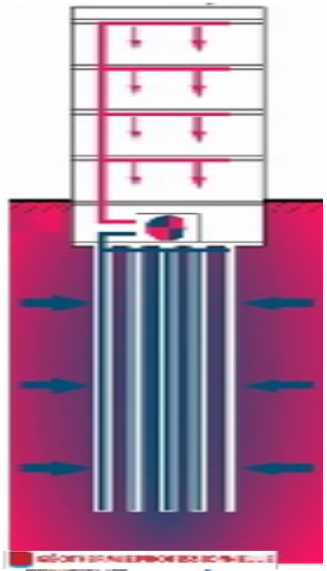
Présentation des géostructures

- Réutilisation des éléments d'ouvrages géotechniques comme échangeurs géothermiques

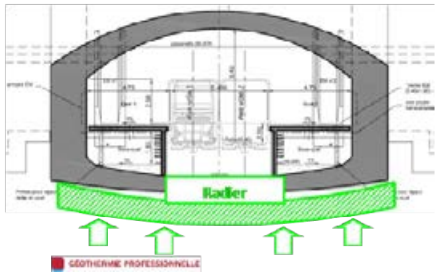


Les différents types de captage

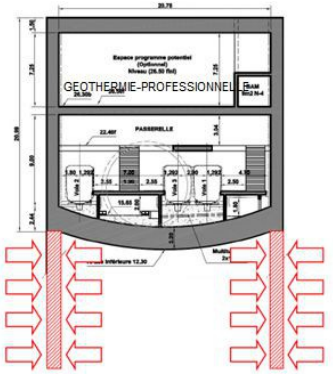
Captage sur pieux



Captage sur radier



Captage parois moulées



Exemple d'opération : Plate-forme Aldi en Suisse

Centre de logistique Aldi	
Lieu :	Domdidier, Suisse
Date réalisation :	2008
Type d'échange :	378 Pieux
Type de production de froid	Freecooling

CUBE ÉNERGÉTIQUE

Objet: Centre logistique ALDI-SUISSE

Durée annuelle d'exploitation en heures	3'500	h
Coefficient de performance annuel	3,9	
Production énergétique annuelle 5 x 3'500 h x 97 kW	1'698	MWh
Emission de CO_2 avec chauffage au gaz	409'000 kg CO_2/an	
Emission de CO_2 avec pompe à chaleur	61'000 kg CO_2/an	
Réduction du CO_2 avec pompe à chaleur	348'000 kg CO_2/an	

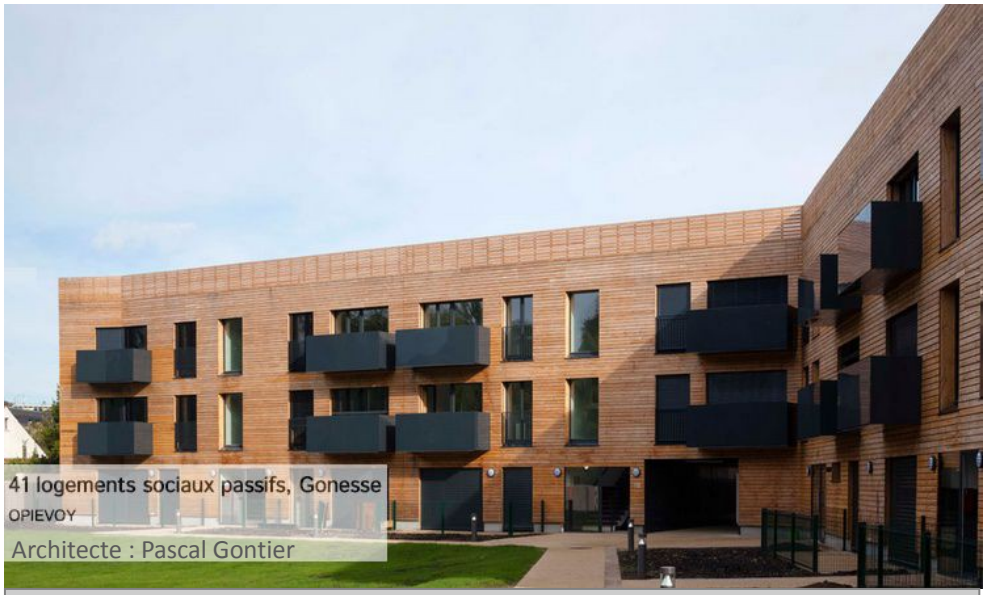
PAC 500 KW	Surface (m2)	Couverture des besoins	
Chaud	Froid		
Bureaux	2 000	**40%**	**100%**
Distribution	45 000	**40%**	

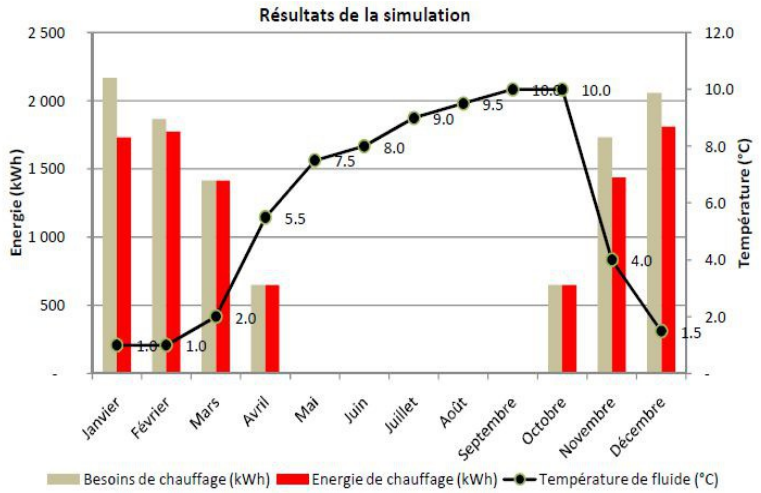
Autres exemples de réalisations à l'étranger

Immeuble tertiaire PANORAMAHAUS

Lieu :	**Dornbirn, Autriche**
Date réalisation :	**2005**
Type d'échange :	**357 pieux**
Puissance chauffage :	**600 kW**
Puissance refroidissement	**500 kW**

Exemple captage sur pieux géothermiques : 2 bâtiments de logements passifs





Immeuble de logements passif : Opievoy

Lieu :	**Gonesse**
Date réalisation :	**2013**
Type d'échange :	**63 pieux à 12 mètres**
Utilisation :	**Chauffage**
Taux couverture besoins :	**90%**

Fondations thermo-actives sur pieux énergétiques sur un collège à Achères (78)

Yvelines
Conseil général

Collège de Achères (78)

Lieu :	**Achères**
Date réalisation :	**2014**
Type d'échange :	**84 pieux à 15 mètres**
Utilisation :	**Chauffage + ECS**

Captage géothermique sur une station de métro pour le prolongement de la ligne 14 (Mairie de Saint-Ouen) du réseau RATP

- Maître d'Ouvrage : RATP
- Année : 2015 – 2019
- Entreprises

BOUYGUES TRAVAUX PUBLICS — BESSAC — SOLETANCHE BACHY

- **Objectifs de la mission**

Mise en œuvre d'un système de géothermie sur parois moulées pour couvrir les besoins de la station et d'un projet tiers.

- **Chiffres clés:**
  - 5 800 m² de parois moulées géothermiques.
  - 101 cages d'armatures dont 85 équipées en géothermie (hauteur 39 m, épaisseur 1,35 m).
  - 32 000 ml de tubes mis en œuvre.
  - Couverture des besoins : 100% pour la station et 69% pour le projet tiers.

Exemple de réalisation en parois moulées : Vienne

Uniqa – Tower, Wien
Type d'utilisation: Bâtiment de bureaux, centre de fitness
Année : 2004
Surface au sol: 35.000 m²
Echangeur: 207 m paroi moulée à 35 m
52.000 mètre linéaire de tube
Chauffage: 420 kW
Refroidissement: 240 kW

Exemple de captage en radier

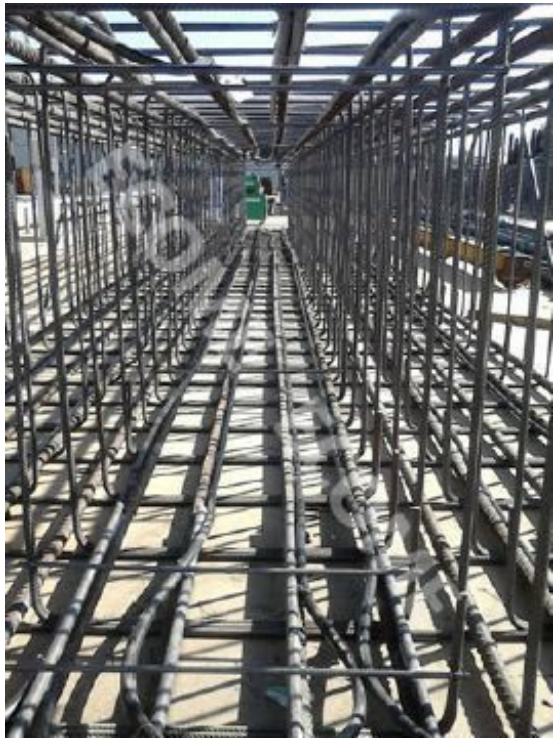
Parking VINCI Park de Neuilly-sur-Seine

Le parking VINCI Park de Neuilly-sur-Seine

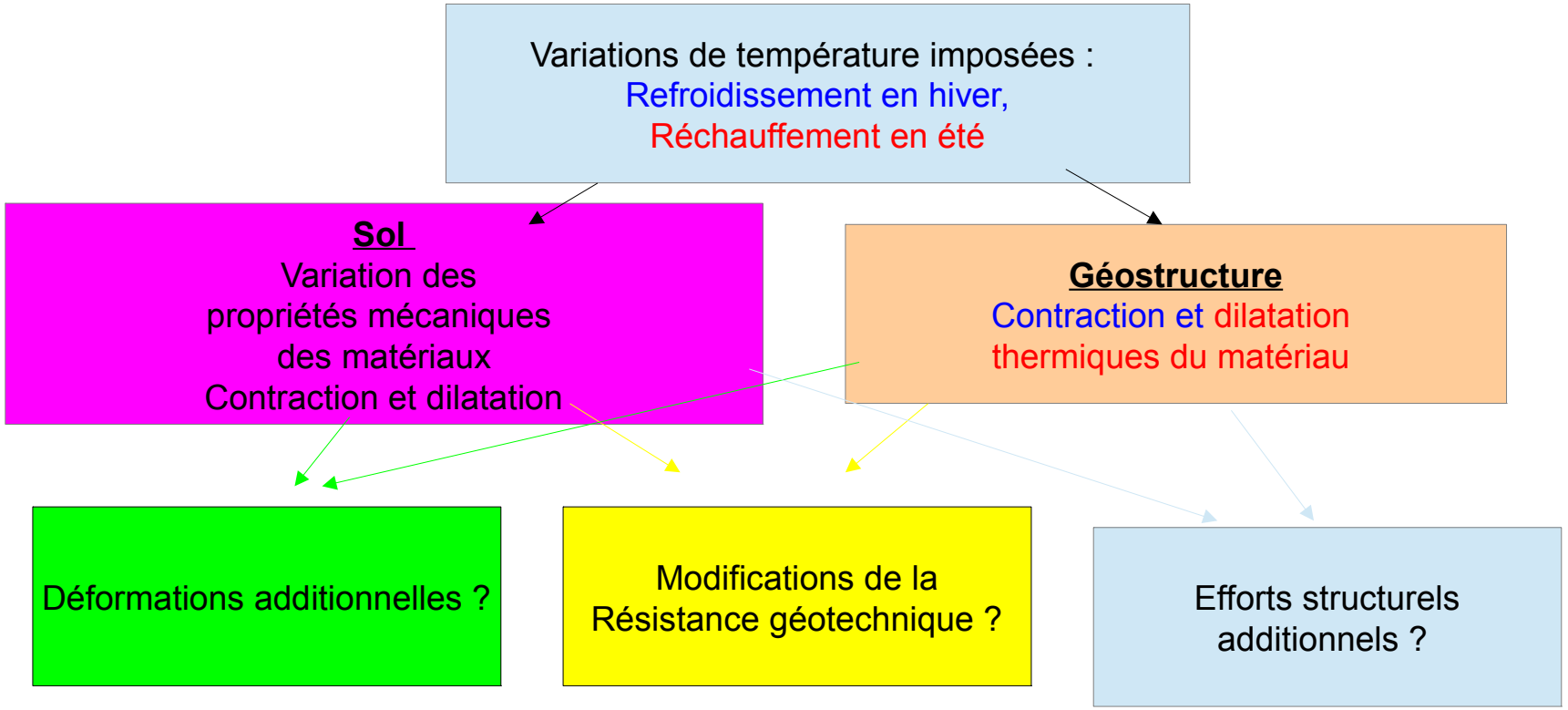
Détail de mise en œuvre

Présentation des géostructures

- Tubes PEHD/Pex fixés aux cages d'armature noyés dans le béton
- Plusieurs boucles "en U" selon la taille du pieu
- Fluide caloporteur (eau, eau glycolée) entre 2°C (l'hiver) et 35°C (l'été)



Problématiques mécaniques



Problématique / Démarche mise en œuvre

- Pas de règlements ou règles de l'art
- =>Technique peu mise en oeuvre en France

- Démarche :
  - Appréciations Techniques d'Experimentation (ATEx)
  - Avis TEChnique (ATEC)
  - Projet ANR GECKO
  - Projet européen COST GABI...

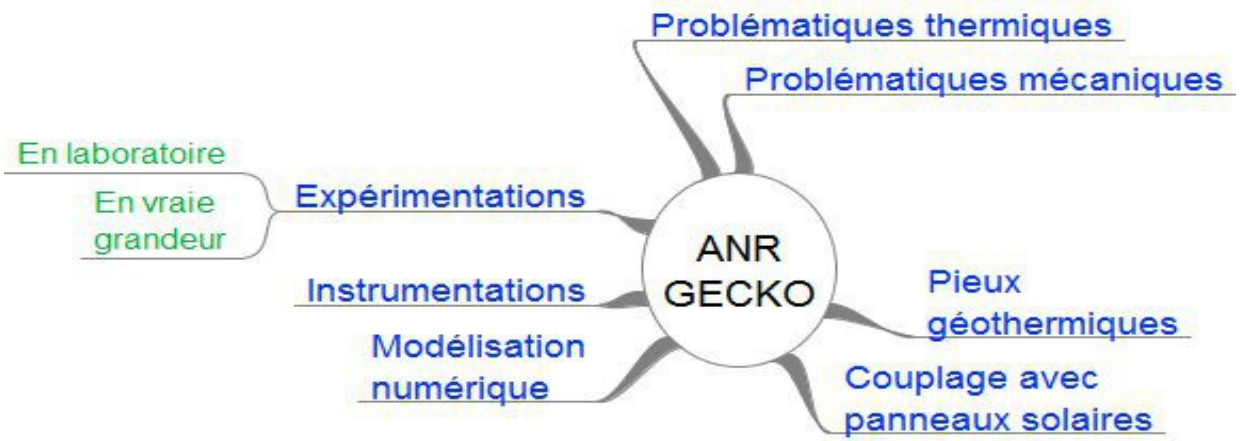
  - ...Recommandations SYNTEC/CFMS "géostructures énergétiques"

ATEX/ATEC

- 2 Appréciations Techniques d'Experimentation (ATEx)
  - Parking Vinci – captage horizontal
  - 2 immeubles Strasbourg
- Avis TEChnique (ATEC) 3+14/12-721 GEOPRO
  - Description
  - Mise en oeuvre
  - Conception

ANR GECKO

- ANR GECKO : GEostructures et StoCKage solaire : *2012-2015*



gecko

ecome
EXCELLENCE ÉNERGÉTIQUE

IFSTTAR

Cerema

ANR

GC gE Laboratoire Génie Civil et géo-Environnement Lille Nord de France

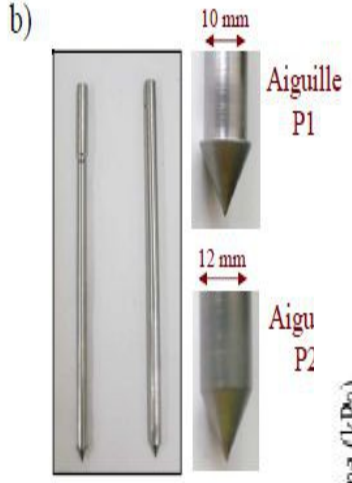
Géosciences pour une Terre durable
brgm

Lemta
Laboratoire d'Energétique et de Mécanique Théorique et Appliquée

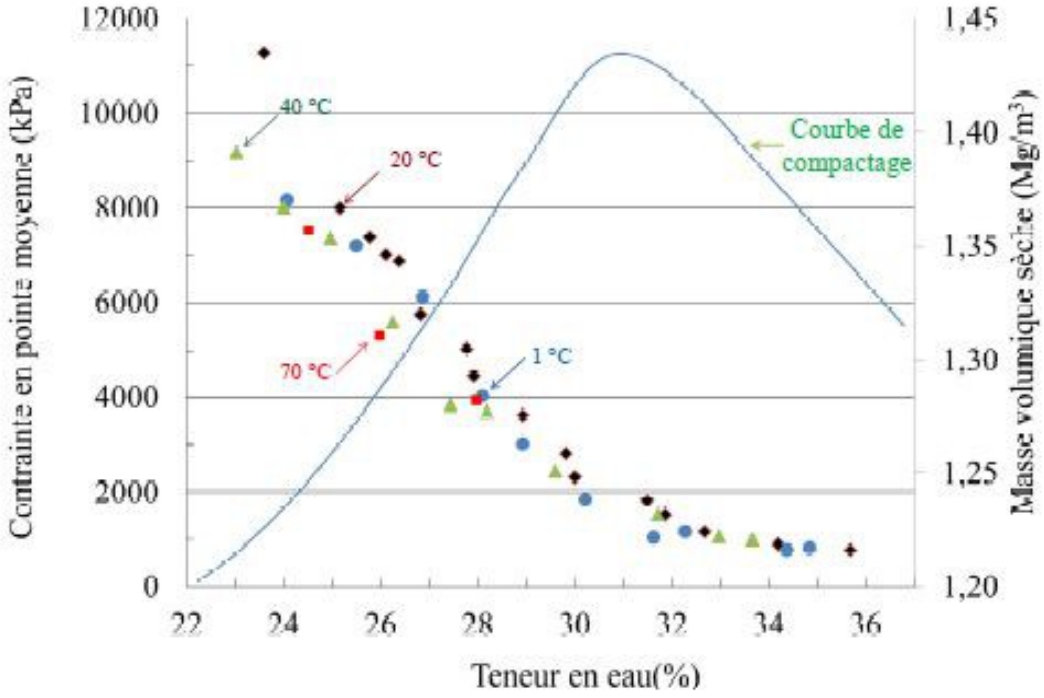
ANR GECKO : Aspects thermiques

- Couplage avec panneaux solaires
- Optimisation conception énergétiques pieux énergétiques
  - Possibilités de stockage
  - Prise en compte de la nappe
  - Modélisation réaliste des pics de demande énergétique
  - Interaction entre pieux

ANR GECKO : expérimentations en laboratoire

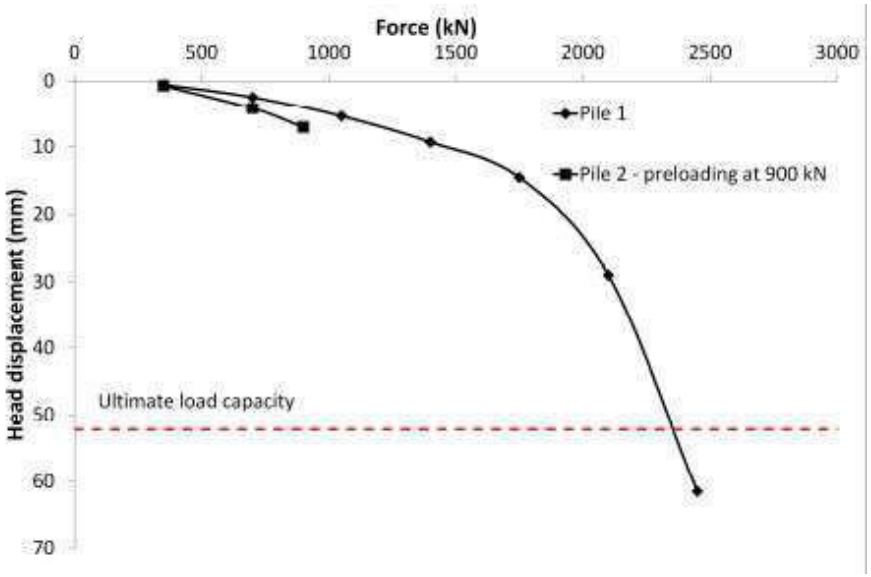


Laboratoire d'Energétique et de Mécanique Théorique et Appliquée

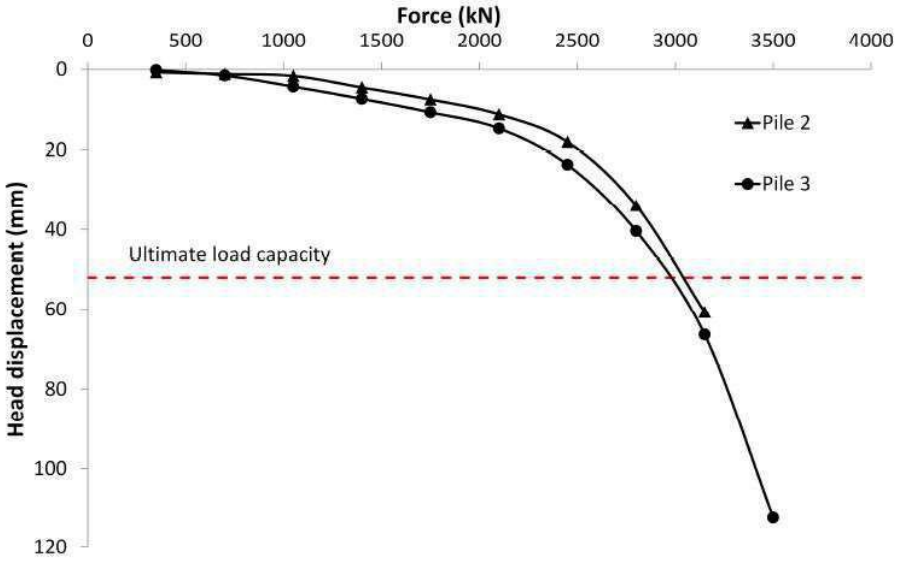


ANR GECKO : expérimentation vraie grandeur

ANR GECKO : expérimentation vraie grandeur



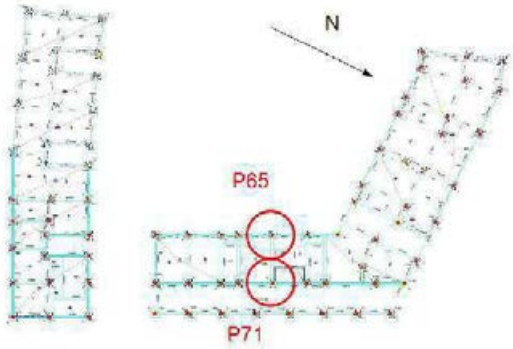
Avant chargements thermiques

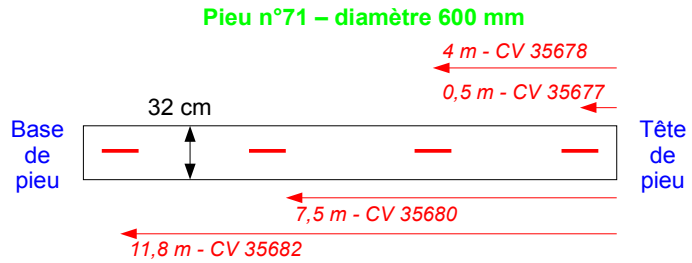


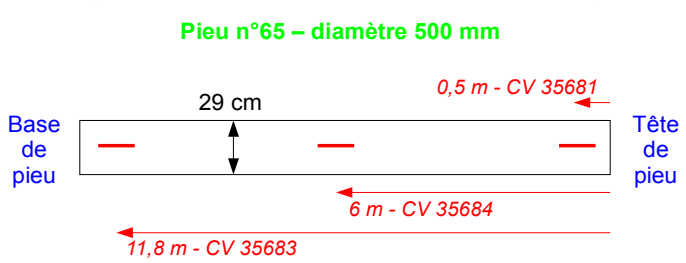
Après chargements thermiques

ANR GECKO : instrumentation

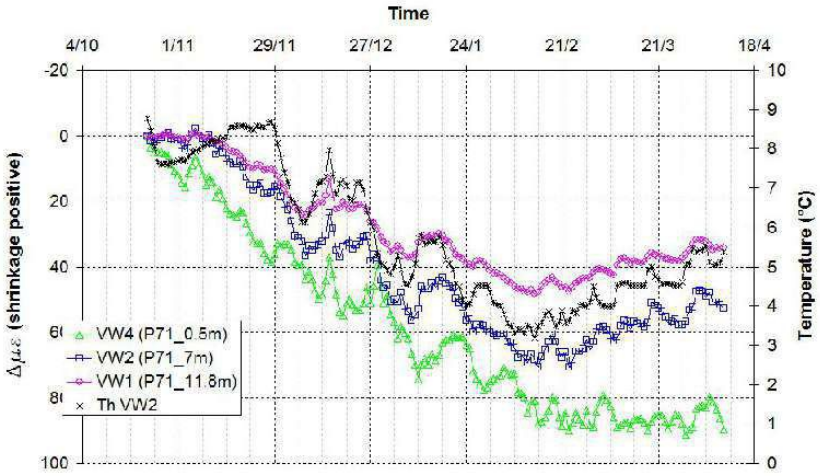
- Instrumentation mécanique de pieux de plusieurs bâtiments résidentiels à moyen long terme
- Exemple R+2 à Gonesse (93)

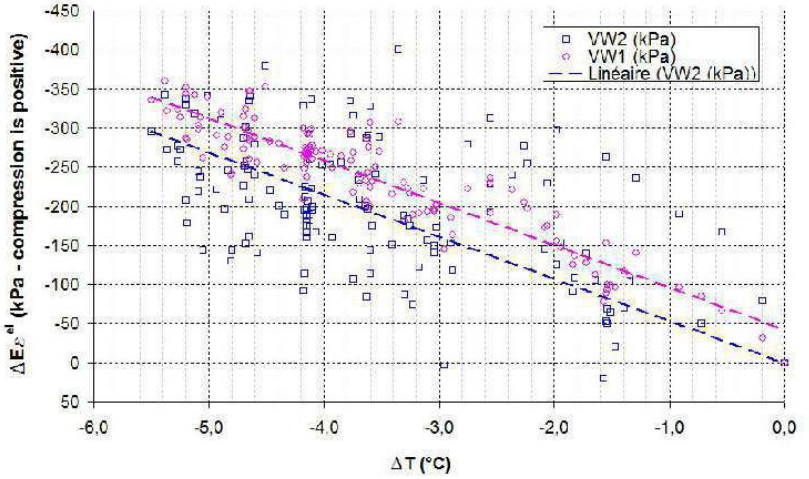


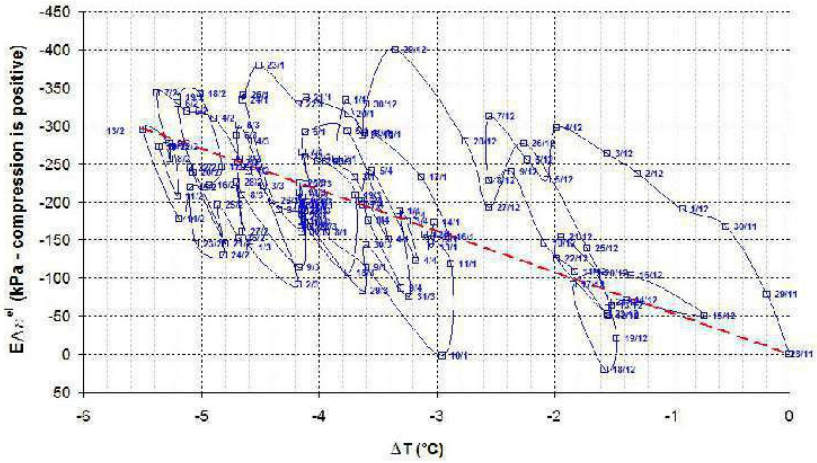




ANR GECKO : instrumentation

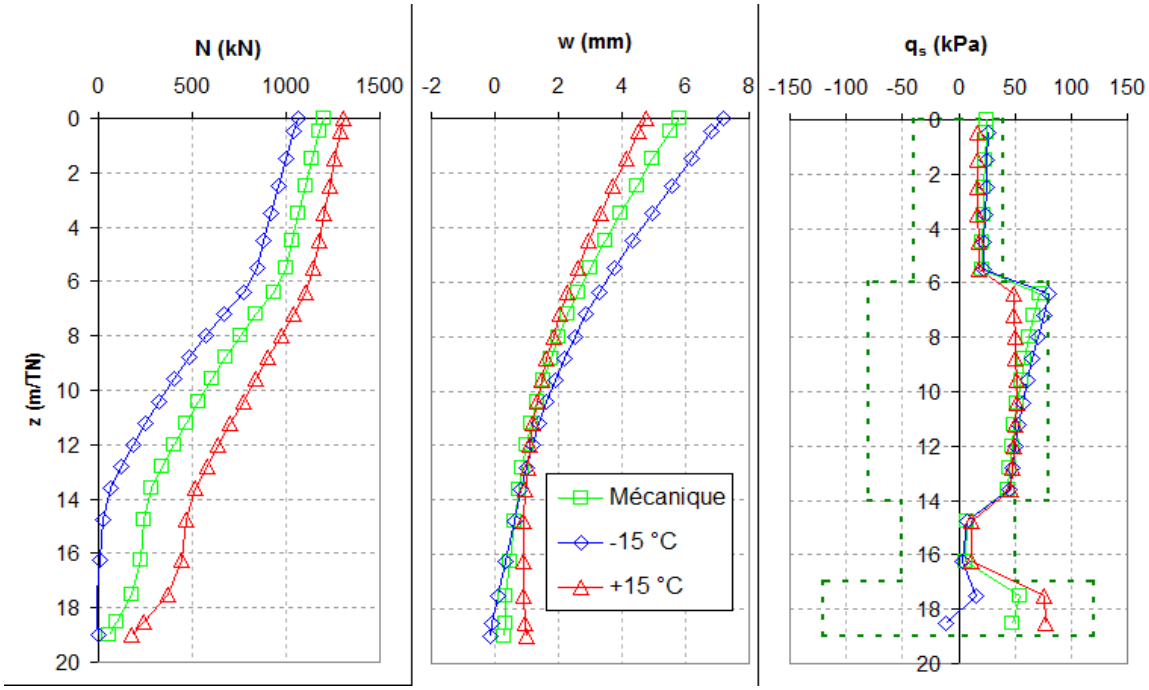






ANR GECKO – recommandations conception mécanique

- **2 étapes :**
  - Reproduire le comportement des géostructures et confrontation aux mesures expérimentales
  - Justifier les géostructures
- **Etape 1 : exemple des pieux**



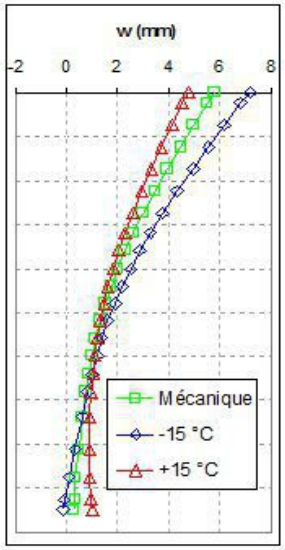
ANR GECKO – recommandations conception mécanique

Etape 2 : justification

1/ Tassements en tête Δwth

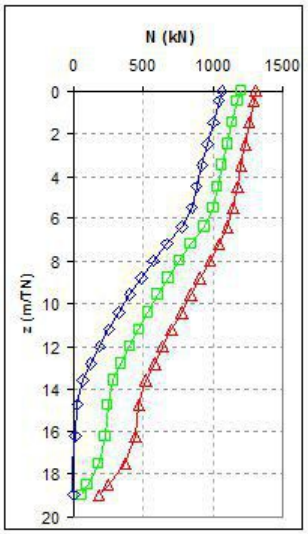
2/ Variations d'effort normale ΔNth (z)

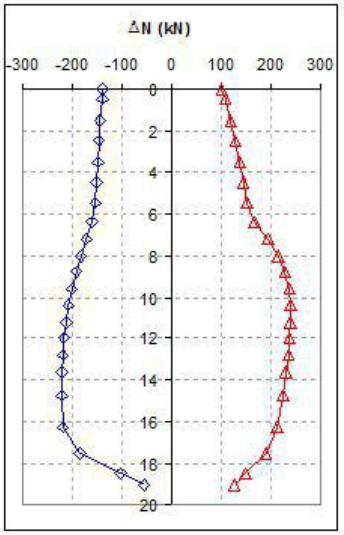
3/ Mobilisation additionnelle de la résistance ΔRmob

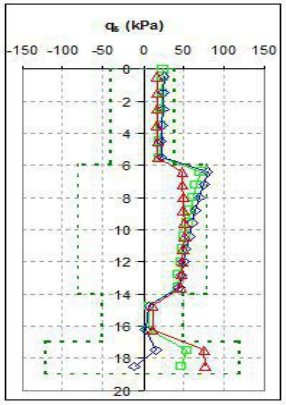


ΔT = -15°C => Δwth = 1,4 mm

ΔT = +15°C => Δwth = -1,0 mm

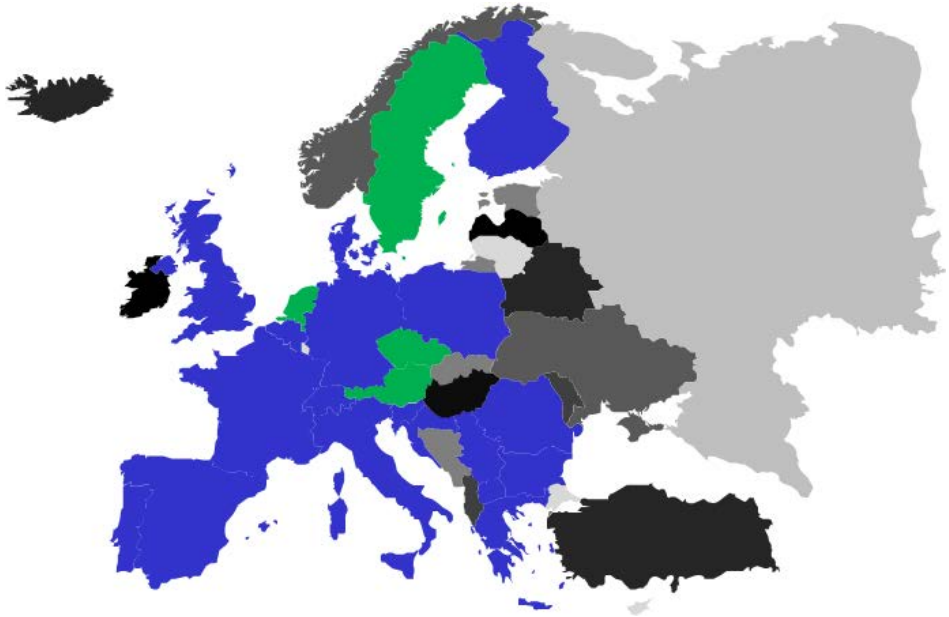






COST GABI

- European network for shallow Geothermal energy Applications in Buildings and Infrastructures (GABI) : 2015 - 2018
  - WG1 : Reconnaissance thermique des terrains
  - WG2 : Détermination de la performance thermique
  - WG3 : Durabilité et aménagement du territoire
  - WG4 : Justification mécanique des géostructures
  - **=> Dimensionnements thermiques et mécaniques**



Merci de votre attention