

# La géothermie en Hauts-de-France

## Point technique géostructures

Estelle Doulat

Chargée de mission animation géothermie

*Une mission financée par l'ADEME Hauts-de-France et la Région Hauts-de-France*

Mail : [estelle.doulat@unilasalle.fr](mailto:estelle.doulat@unilasalle.fr)

Tél. : +33 (0)3.44.06.00.57

Mob. : +33 (0)6.78.26.81.30



Janvier 2022

# Animation géothermie

## Veille et diffusion

➔ appropriation de la géothermie

### Comment?

Présentation des technologies  
Centralisation des études et outils  
(Geothermies.fr)

- Observatoire
- Reportages

Echanges entre les acteurs : colloques,  
salons, formations, visites de sites,  
newsletter



## Convaincre et accompagner

➔ augmenter le nombre de projets

### Comment?

Accompagner les différents acteurs du  
secteur et être à l'interface

Etudes opportunité

- Ne remplace pas la faisabilité
- Outil pour rassurer et inciter à la faisabilité
- Aide à la décision
- Sous forme de petit rapport ou de présentation powerpoint
- Exemples vers faisabilité : Tracy-le-Mont, Noyant-et-Aconin, Crèvecœur-le-Grand



# Animation géothermie

## Relais locaux - Ambassadeurs

- Conseillers en Energies Partagés
- Agents techniques en collectivité
- Chargés de mission territoriaux
- ...

Mission de formation de ces relais : Le but est de leur apporter un niveau d'information poussé sur la géothermie afin qu'ils soient en mesure de communiquer sur la géothermie à l'externe et en interne et qu'ils soient en capacité d'expliquer, défendre, argumenter et étudier la géothermie par le biais d'études d'opportunité.

Mission de l'animateur auprès des ambassadeurs : création d'un réseau d'ambassadeurs, suivi, conseils, relecture, délégation de projets

# Géothermie Très Basse Energie ou de surface

## Géothermie sur sondes

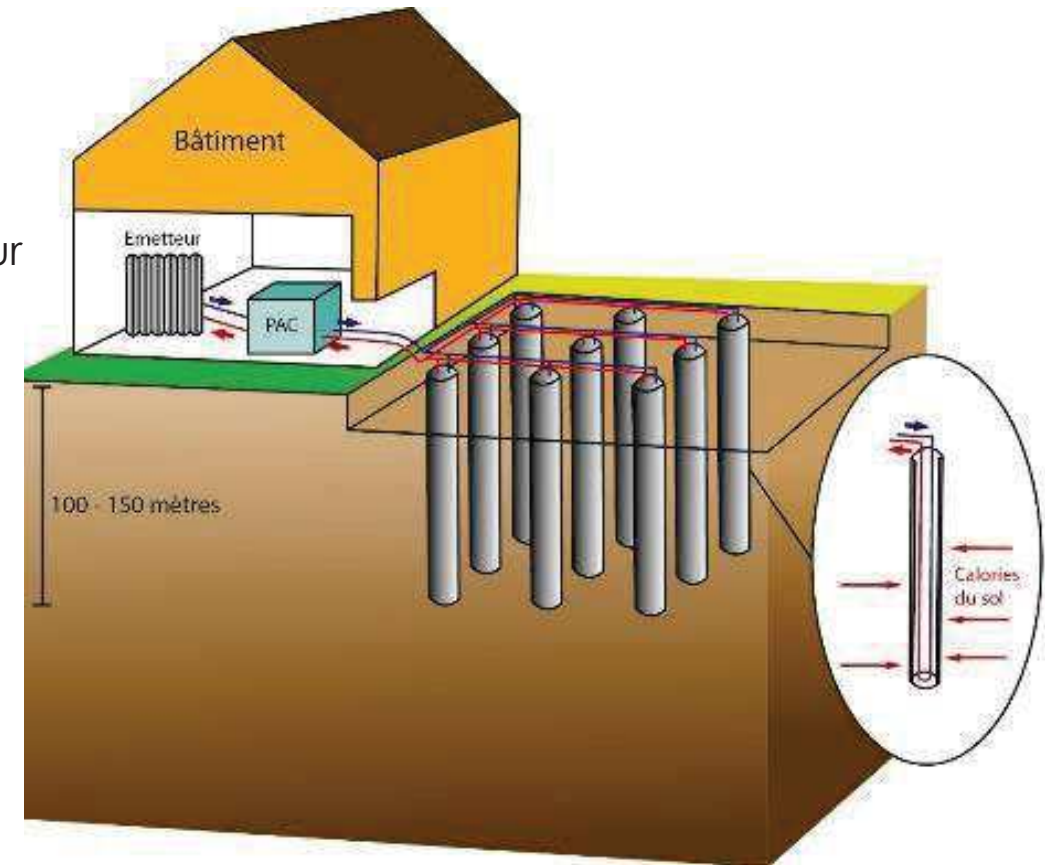
**Fonctionnement :** circulation d'un fluide caloporteur dans une boucle fermée à l'intérieur de la sonde et prélèvement des calories du sol. Plusieurs sondes => champ de sondes

### Principaux avantages :

- Absence de ressource en eau suffisante
- Dimensionnement précis (Test de Réponse Thermique)
- Rendement énergétique stable
- Possibilité de rafraîchissement gratuit et direct par le sol (geocooling ou freecooling)
- Maintenance réduite

### Inconvénients :

- Coût d'installation parfois élevé
- Forage par professionnel Quali'Forage
- Déclaration au titre du code minier



*Schéma général d'un champs de sondes*

### Exemples :

- Pôle de santé d'Aiglemont (08), 2007
- Siège social d'Eiffage Immobilier Picardie (80), 2010
- Communauté d'Agglomération Creilloise (60), 2013

# Géothermie Très Basse Energie ou de surface

## Géothermie sur nappe

**Fonctionnement :** pompage de l'eau d'une nappe souterraine, prélèvement des calories, réinjection dans l'aquifère

**Principaux avantages :**

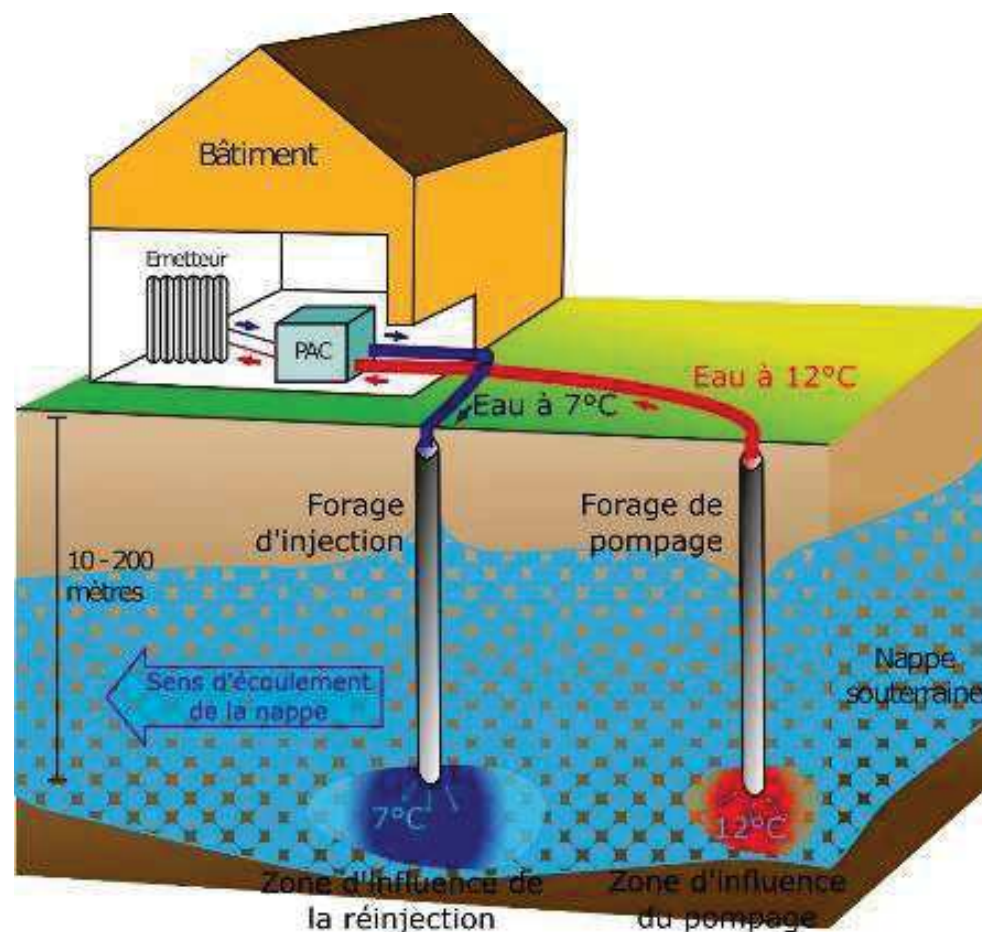
- Rendements stables, bonnes performances
- Possibilité rafraîchissement gratuit et direct par le sol

**Inconvénients :**

- Réglementation
- Contraintes hydrogéologiques du site
- Forage par professionnel Quali'Forage
- Déclaration au titre du code minier
- Maintenance des installations

**Exemples :**

- Cirque municipal , Châlons-en-Champagne (51), 2010
- Les Fontaines Capgemini à Gouvieux (60), 2010
- Locaux communaux de Brailly-Cornehotte (80), 2013



**Schéma général de géothermie sur nappe**

# Géothermie Très Basse Energie ou de surface

## Pompe à chaleur (PAC)

Calories extraites du sol via un **circuit primaire** connecté à la géothermie

**Fluide caloporteur** circule en boucle fermée dans la pompe à chaleur

**Circuit secondaire** raccordé au système de chauffage

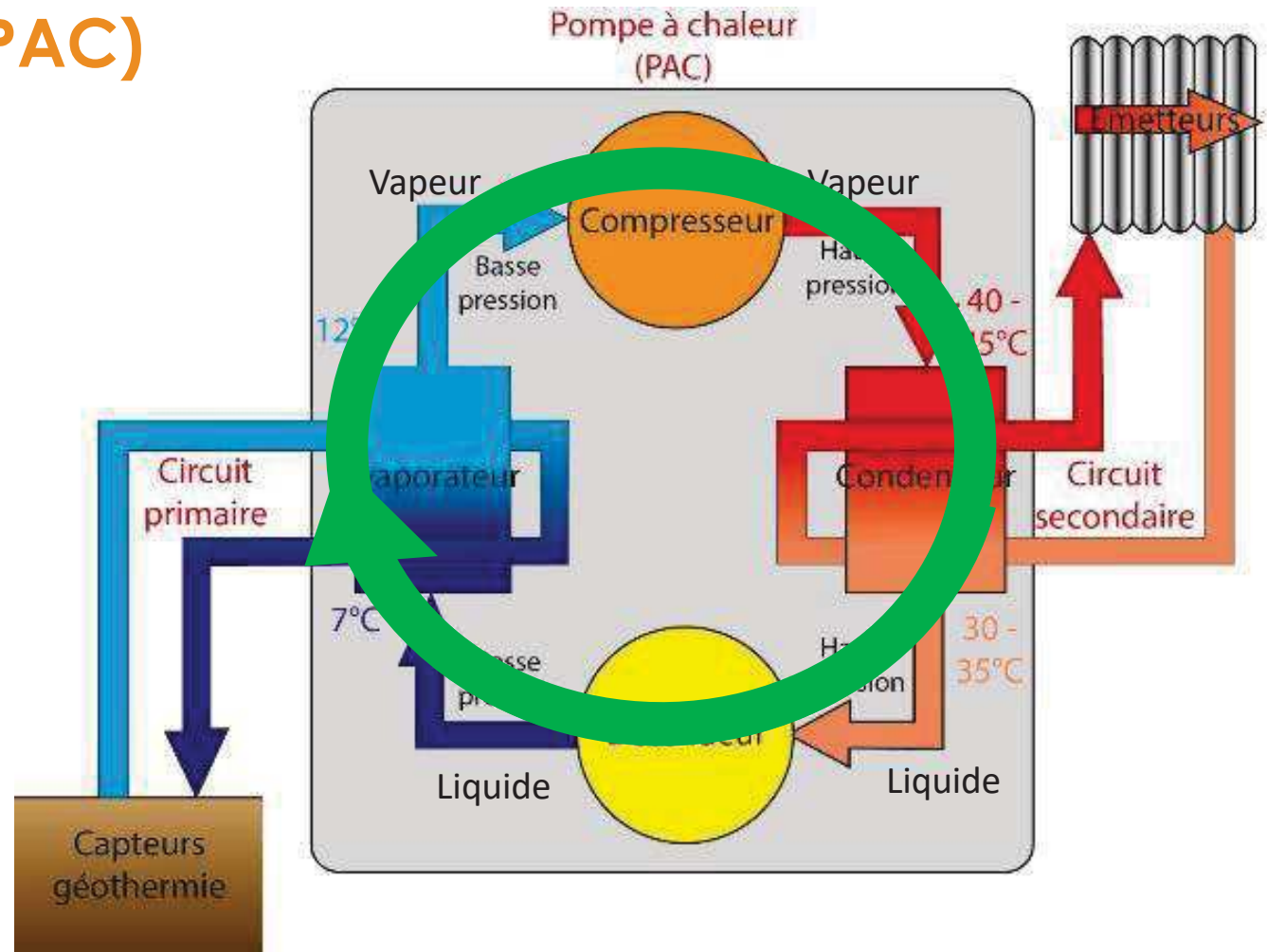


Schéma du principe de fonctionnement d'une pompe à chaleur

# Géothermie Très Basse Energie ou de surface

## Comparaison avec énergies fossiles – zoom sur la TBE

### Maîtrise de la facture énergétique

- Coûts d'exploitation stables et réduites, pour un COP de 4, le budget de fonctionnement affiche une réduction des  $\frac{3}{4}$  de la facture énergétique. Moindre dépendance à l'énergie fossile et ses variations de coût
- Energie compétitive, TRI de 8 à 13 ans, durée de vie des forages 50 ans et durée de vie de la PAC 17 ans

### Exemplarité environnementale

- Energie verte : installations rejettent en moyenne moins de 45g de CO<sub>2</sub> par kWh de chauffage. 4 fois moins que l'électricité, 5 fois moins que le gaz naturel et 7 fois moins que le fioul pour un même besoin de chauffage
- Engagement pour lutter contre le changement climatique : Loi de Transition Énergétique Pour la Croissance Verte.

### Technologies qui ont fait leurs preuves

- Technologies éprouvées et pérennes : 200 000 PAC en France, capitalisation des bonnes pratiques, des progrès technologiques et de la recherche
- Professionnels qualifiés RGE
- Financements et garanties

# Géothermie Très Basse Energie ou de surface

## Comparaison avec les autres énergies renouvelables – Zoom sur la TBE

### Promotion des ressources locales

- Énergie disponible en permanence sur presque tout le territoire (88% du territoire favorable)
- Énergie locale, sans transport ni stockage

### Énergie adaptable aux futurs défis

- Production de froid quasi-gratuit : 1kWh élec pour 50 kWh de frais! Evite les rejets d'air chaud des climatiseurs
- Smart grid thermique et boucle d'eau tempérée : mix énergétique, évolutivité du réseau, gestion optimisée

### Énergie qui s'intègre harmonieusement à son environnement

- Économique en termes d'espace : une fois les forages réalisés, jardin ou constructions, local technique restreint, très pratique en milieu urbain dense avec un foncier restreint!
- Énergie discrète, invisible, bruit des pompes et de la PAC seulement localement et souvent dans le local technique que l'on peut isoler

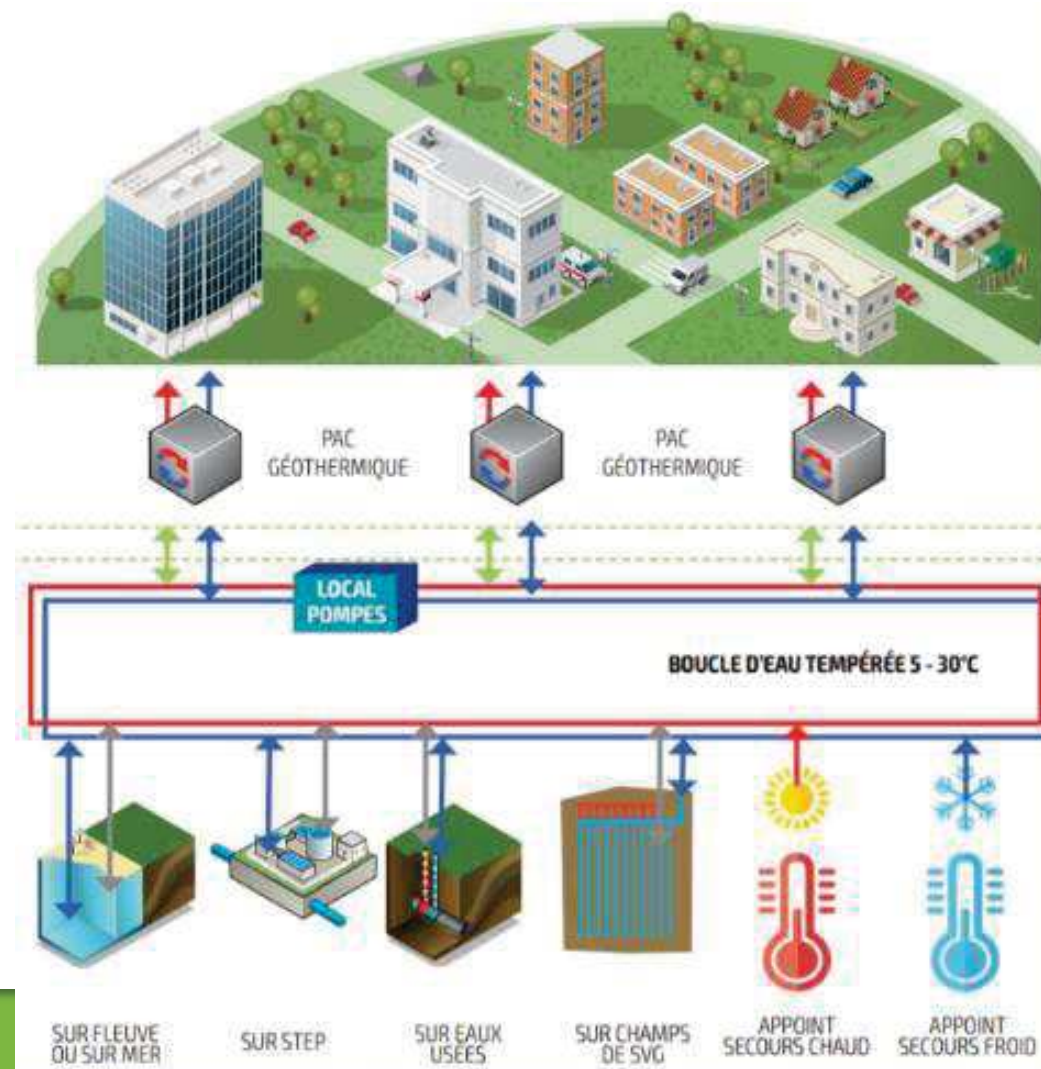
⇒ [6 bonnes raisons de choisir la géothermie – Géothermie de surface](#)



## Géothermie Très Basse Energie ou de surface

### Boucle d'Eau Tempérée à Energie Géothermique

- Doit comprendre au moins une source géothermique
- Peut être multi-énergies
- Comme un réseau de chaleur : mutualisation des besoins
- Différence avec réseau de chaleur : l'eau ne circule pas chaude dans les canalisations. Chaque sous-station produit ce dont elle a besoin à partir de la boucle



Guide BETEG (AFPG)

# Réglementation

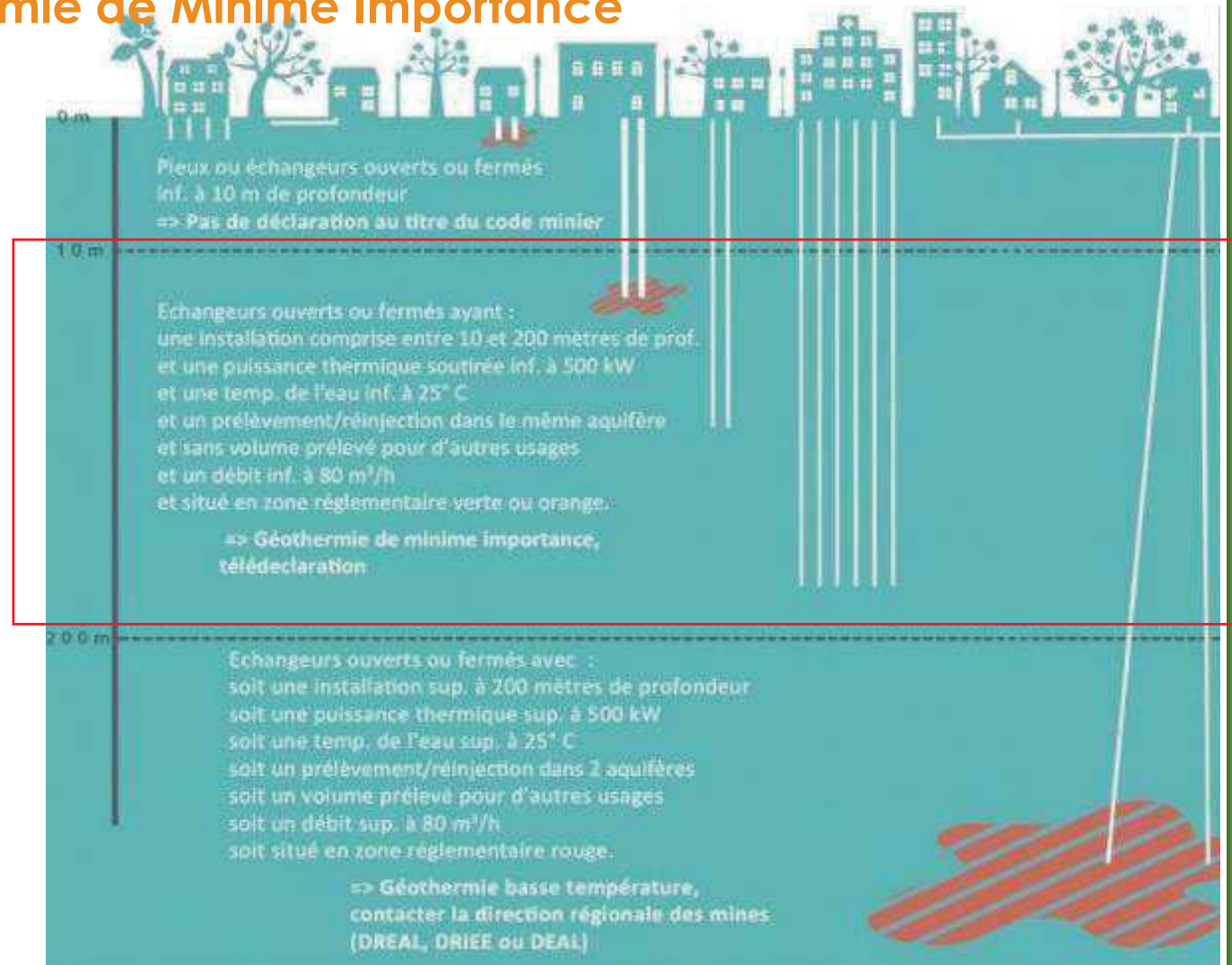
## Réglementation Géothermie de Minime Importance

### Cadre spécifique du Code Minier

Critères respectés + zone verte = télédéclaration

Critères respectés + zone orange = télédéclaration suite à avis d'expert

Critères non respectés ou zone rouge = demande d'autorisation. Se rapprocher de la DREAL



# Réglementation

## Réglementation Géothermie de Minime Importance

Entre 0 et 10 mètres de profondeur, le projet ne rentre pas dans le cadre du Code Minier, ni dans le cadre spécifique de la GMI



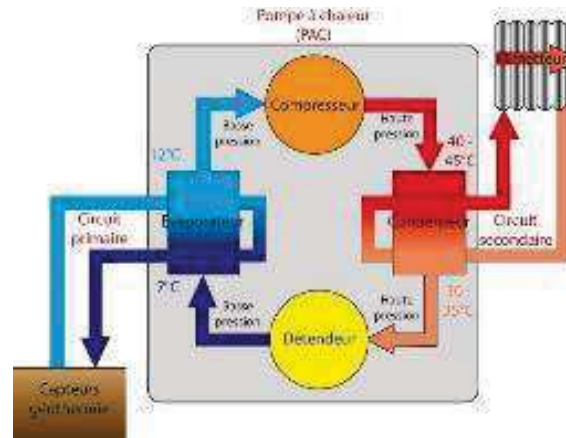
# Autres formes de géothermie de surface

Cloacothermie



Canalisations de récupération des eaux usées à Fribourg (Laurent Dietrich, 2010)

Technologie Degrés Bleus



Fondations thermoactives



© Olivier Baumann - Collège d'Achères.

Thalassothermie

Le chauffage par thalassothermie



Principe de fonctionnement de la thalassothermie (Dalkia)

# Réaliser un projet de géothermie en Hauts-de-France

## Étapes d'un projet de géothermie



Stratégie commune concertée  
ADEME/Région sur la géothermie

- Fonds Chaleur géré par l'ADEME : Majorité des projets
- FRATRI géré par l'ADEME et la Région : Projets de petite taille ou en complément du Fonds Chaleur
- FEDER géré par la Région : Très gros projets avec complément ADEME

**Les fondations thermoactives  
sont financées par le Fonds  
Chaleur**



## Guides et brochures

- 6 bonnes raisons de choisir la géothermie de surface partout
- 6 bonnes raisons de choisir la géothermie de surface piscines
- Guide de la réglementation aux règles de l'art

- Etude de filière 2021
- Coûts des énergies renouvelables et de récupération
- Chauffer et rafraîchir avec une énergie renouvelable : exemples en géothermie



- Boucle d'Eau Tempérée à Energie Géothermique
- Géothermie de surface
- Etude technico-économique de la géothermie de surface

Cliquez sur les images pour accéder aux guides. Pensez également à visiter la page Hauts-de-France de [geothermies.fr](http://geothermies.fr) pour avoir accès aux outils régionaux (audit, fiche des coûts, exemples locaux,...)

## Point technique

### Les fondations thermoactives ou géostructures

Jean Baptiste BERNARD  
ECOME ingénierie



### Les « fondations thermo-actives FTA » ou géostructures





# Les géostructures énergétiques

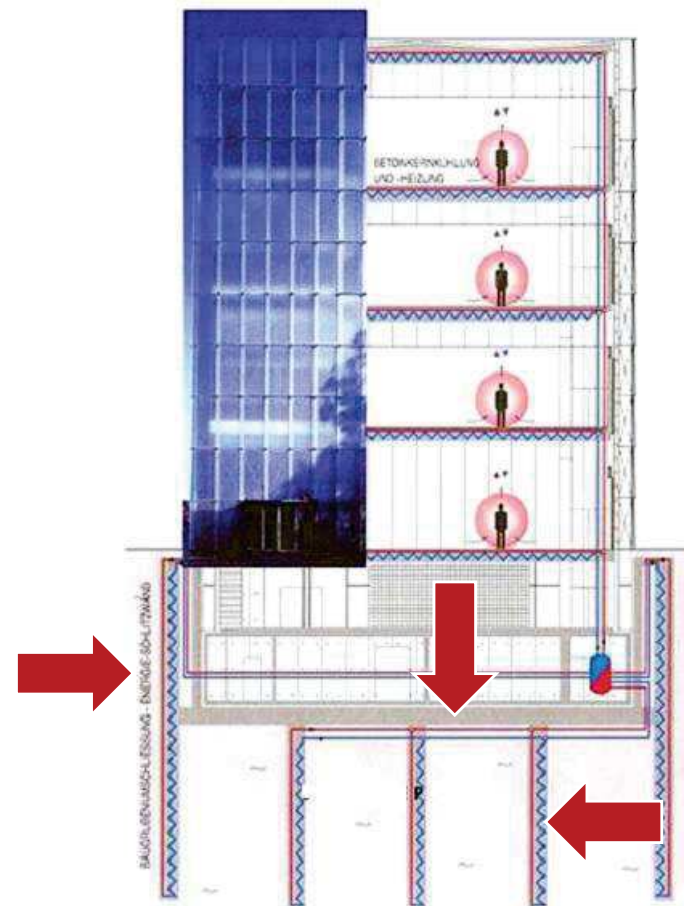
## Le bâtiment produit son énergie renouvelable

Les **géostructures** consistent à intégrer des systèmes d'échange thermique à la structure du bâtiment pour la production du froid et/ou du chaud.



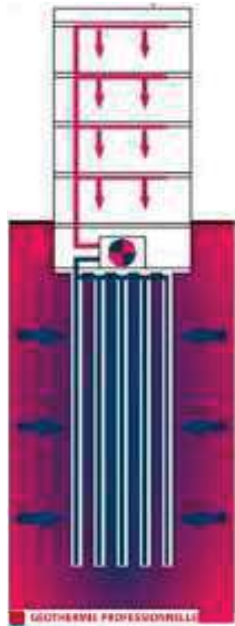
### Les « fondations thermo-actives FTA » ou géostructures

- Les structures du bâtiment sont utilisées pour chauffer et refroidir.
- 40 ans de retour d'expérience sur ces technologies
- Solution à intégrer au concept énergétique global du bâtiment.
- Potentiel pour bâtiments à énergie positive (BEPOS).



### Les différents types de géostructures ou fondations thermo-actives (FTA)

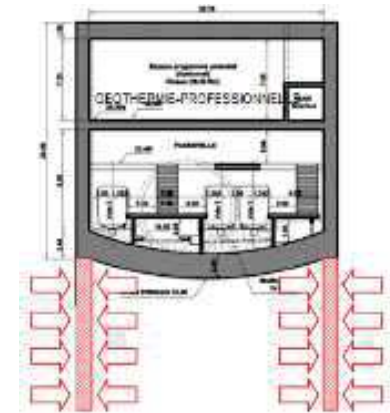
Captage sur pieux



Captage sur radier

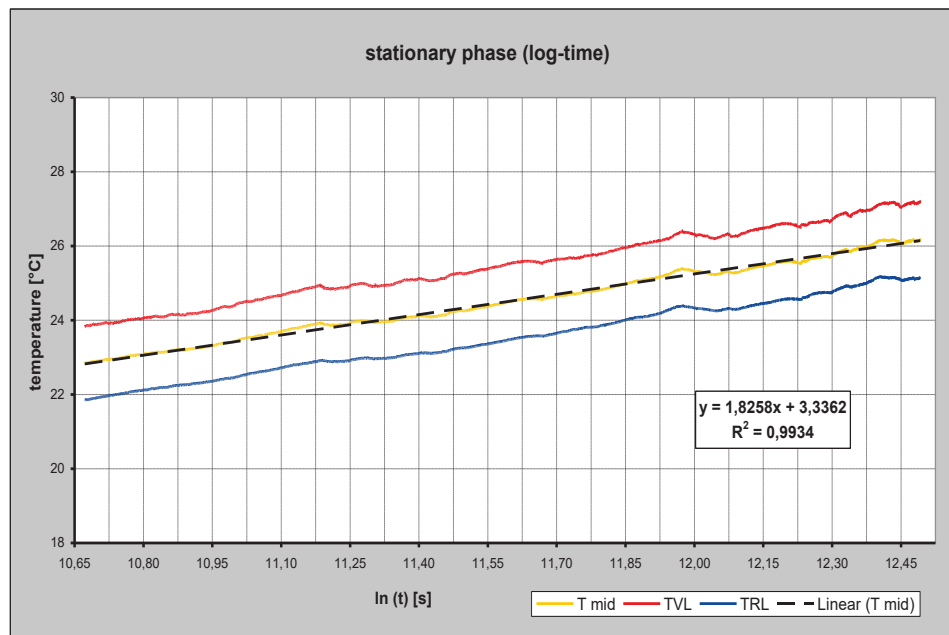


Captage parois moulées

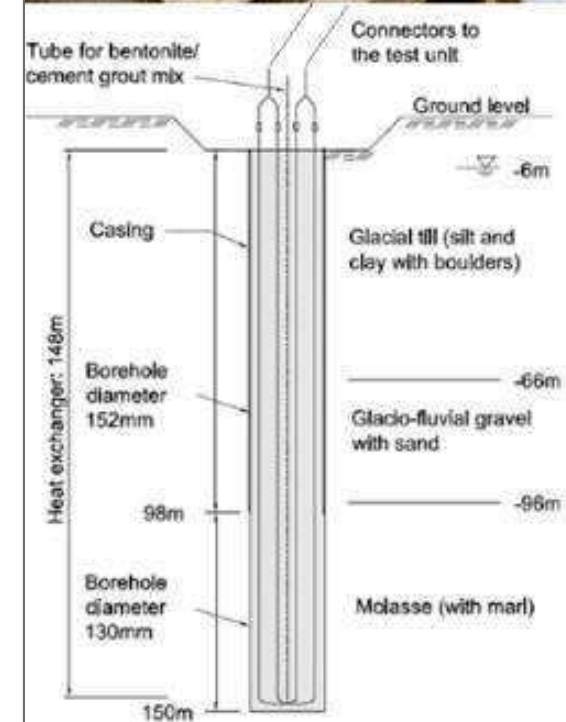


### Etude du potentiel thermique du sous-sol : Test de réponse thermique

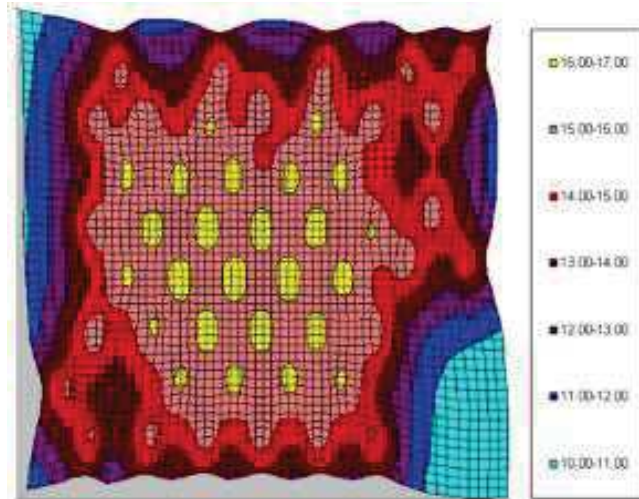
- Evaluation de la température initiale du sous-sol au réel
- Evaluation de la conduction thermique du sous-sol au réel
- Détermination de la résistance thermique de la sonde



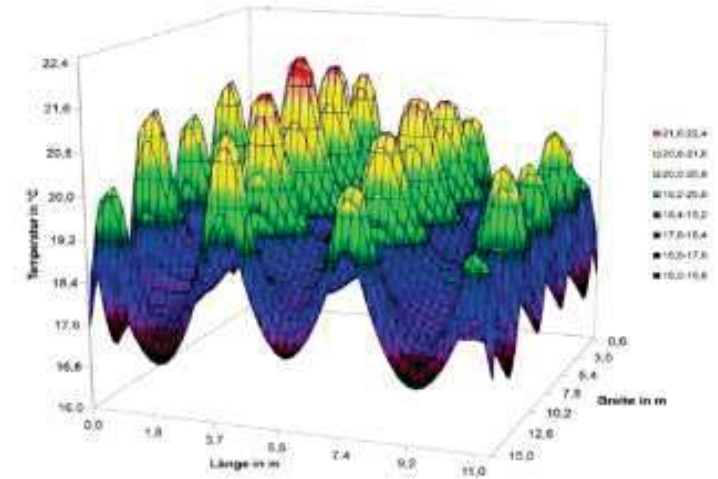
Test réponse thermique: Juillac (19)



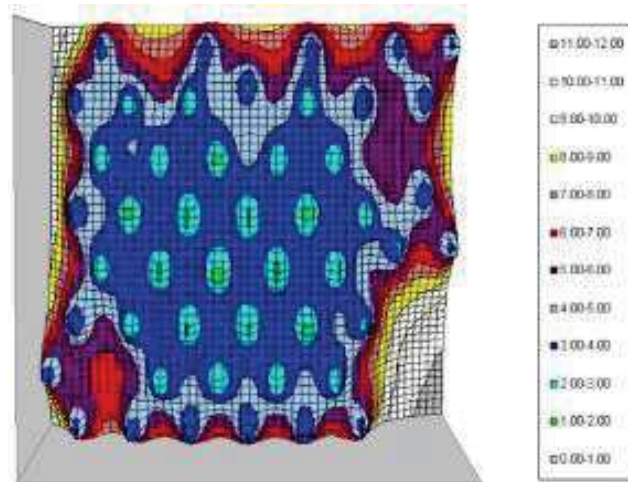
### Dimensionnement d'exécution des systèmes



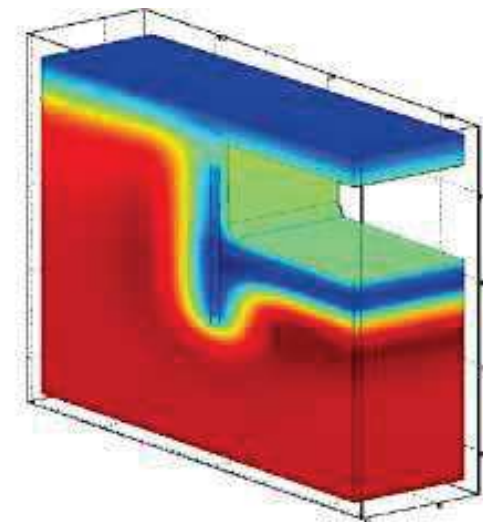
1er Septembre



Exemple de simulation de pieux



1er Février



Exemple de simulation de paroi moulée

### Étapes de mise en œuvre : insertion dans la structure

#### Pieux



#### Parois moulées



*Mis en place de l'armature de la paroi moulée  
équipée de tubes caloporteurs*

### Étapes de mise en œuvre : raccordement hydraulique

Dimensionnement hydraulique. Raccordement réseaux.



### Étapes de mise en œuvre : systèmes en local technique

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

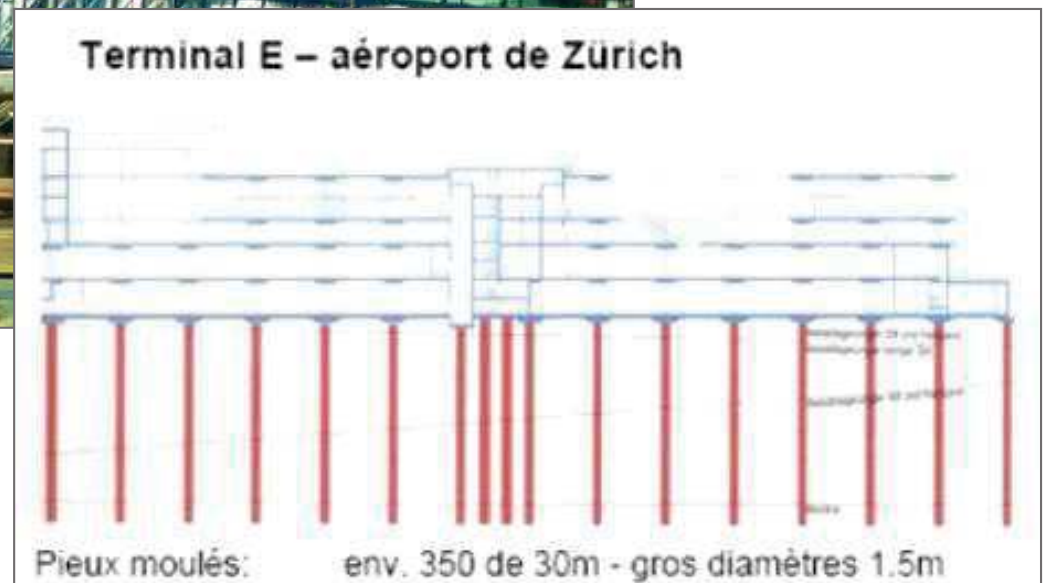




### Immeuble tertiaire à Dornbirn



### L'aéroport de Zurich.



### Hôpital de Wuhan.



### Hôpital de Wuhan

Lieu : Wuhan, Chine

Date réalisation : 2011

Type d'échange : Parois + 400 pieux

Puissance chaud : 3 700 kW

Puissance froid: 4 450 kW

# Les géostructures énergétiques

## Le bâtiment produit son énergie renouvelable

Maître d'Ouvrage : Région Nord Pas de Calais



Année : 2016

### ➤ Descriptif du projet

Surface : environ 15000 m<sup>2</sup> SHON

170 pieux de fondations dont 75 équipés en captage géothermique



### Mise en œuvre de fondations géothermiques dans le cadre de la réalisation du siège social du groupe SENALIA

#### ➤ Description de l'opération :

- Dans le cadre de la construction du nouveau siège social du groupe SENALIA, réalisation d'une solution de production énergétique par fondations géothermiques pour la production de chauffage et refroidissement

➤ Maître d'Ouvrage : SENALIA



➤ Année : 2020-2021



### Mise en œuvre d'un dispositif de pieux géothermiques pour le chauffage et le rafraîchissement du nouveau siège social de Habitat76 – Rouen (76)

#### ➤ Description de l'opération :

Mise en œuvre de fondations thermo-actives pour le chauffage et le rafraîchissement du nouveau siège social de Habitat 76

#### ➤ Tâches réalisées :

- Réalisation d'un pieu test (sous-traitance) et d'un test de réponse thermique
- Dimensionnement du système de pieux géothermiques
- Mise en œuvre de 100 pieux géothermiques
- Mise en œuvre des collecteurs, mise en eau et équilibrage



➤ 2019-2020



### Mise en œuvre d'un système de fondations thermo-actives sur pieux énergétiques sur une école à Anglet (64)

#### ➤ Descriptif du projet

Mise en œuvre de fondations thermo-actives pour la construction d'un bâtiment dédié à l'école d'ingénieurs en bâtiment public ISABTP et aux laboratoires et bureaux de recherche SIAME et LFC-R,

Année : 2020-2022



### Mise en œuvre de fondations géothermiques dans le cadre de la réalisation d'un îlot de logements Ilôt K – Antiquaille - Lyon (69)

Maître d'Ouvrage : SACVL



Année : 2020-2021

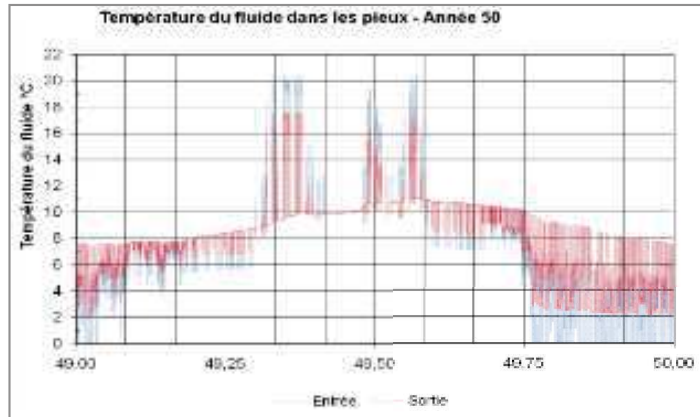




# Les géostructures énergétiques

Le bâtiment produit son énergie renouvelable

## Mise en oeuvre de fondations géothermiques nouveau collège d'Achères (78)



➤ Maître d'Ouvrage : CG Yvelines



**Yvelines**  
Conseil général



# Les géostructures énergétiques

## Le bâtiment produit son énergie renouvelable

Mise en œuvre pieux géothermiques construction du collège Brizieux à Lorient.



➤ Conseil général du Morbihan



➤ 2017 - 2019



### Système de géothermie sur fondations dans le cadre de construction du gymnase Poissonniers à Paris (75)

#### ➤ Description de l'opération :

Mise en œuvre de fondations thermo-actives pour le chauffage d'un gymnase et le refroidissement d'une serre située en toiture

#### ➤ Tâches réalisées :

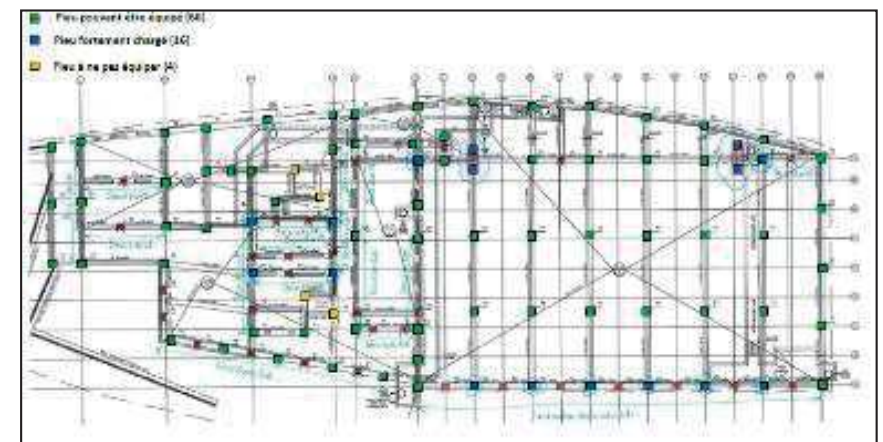
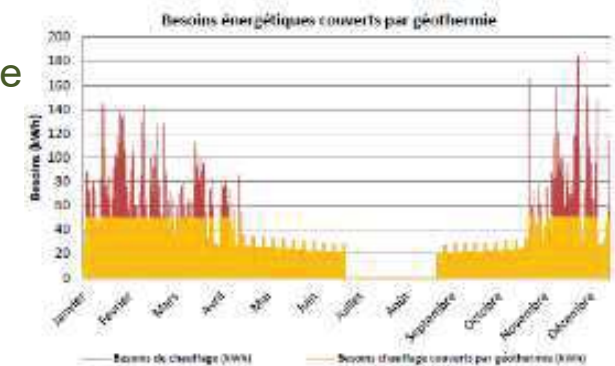
- Réalisation d'un pieu test (sous-traitance) et d'un test de réponse thermique à 20 ml
- Dimensionnement du système de pieux géothermiques (78 pieux)
- Mise en œuvre de 78 pieux géothermiques

➤ Maître d'Ouvrage : Ville de Paris

➤ Maître d'œuvre : Archi5



➤ Année d'étude : 2018-2020



### MISE EN ŒUVRE D'UN SYSTÈME DE PIEUX GEOTHERMIQUES ZAC BEDIER OUEST A PARIS 13

#### ➤ Description du projet

Mise en œuvre d'un système de pompe à chaleur sur pieux énergétiques pour le chauffage et le rafraîchissement de l'immeuble et mettre en œuvre le système.

#### ➤ Tâches réalisées

- Dimensionnement d'exécution définitif du systèmes de pieux géothermiques
- Mise en œuvre de 141 pieux énergétiques à 11 m

- Maître d'Ouvrage : Bédier SAS Promotion
- Année : 2014-2015

#### ➤ Chiffres clés

- Surface : 26 500 m<sup>2</sup> SHON
- Parcelle de 8000m<sup>2</sup>
- 250 pieux de 11m dont 141 équipés
- Couverture des besoins : 83,3% pour le chauffage et 97,7% pour le froid



### Mise en œuvre de fondations thermo-actives pour deux bâtiments de logements passifs à Gonesse (95)

#### ➤ Objectifs du projet

- Chauffage de deux bâtiments d'habitations par pieux géothermiques

#### ➤ Tâches réalisées

- Simulation du système et validation de son comportement sur 30 ans
- Calcul des effets thermiques à intégrer dans le dimensionnement mécanique
- Mise en œuvre du dispositif de captage énergétique sur 63 pieux de fondations de 12m de profondeur
- Suivi des performances par mise en place d'un Monitoring

- Maître d'Ouvrage : OPIEVOY
- Année : 2012



# Les géostructures énergétiques

## Le bâtiment produit son énergie renouvelable

Mise en œuvre d'un système de fondations thermo-actives sur pieux énergétiques sur un bâtiment tertiaire à Tours (37)



➤ Maître d'Ouvrage : SITCAT

**sitcat**



### Captage géothermique sur 3 stations de métro pour le prolongement des lignes 12 et 14 du réseau RATP

#### ➤ Description du projet

Captage en paroi moulées sur trois stations de métro pour couvrir les besoins internes ou l'approvisionnement des bâtiments à proximité

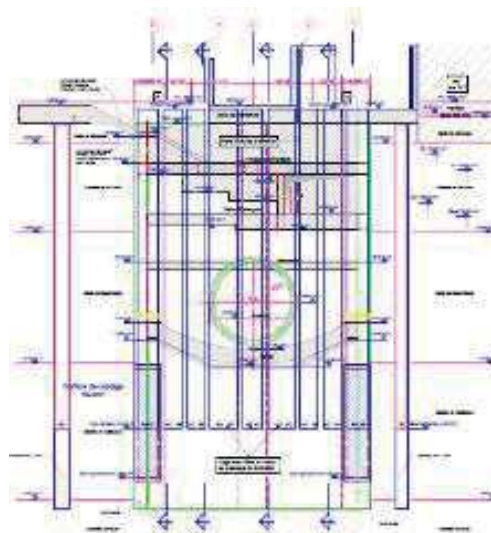
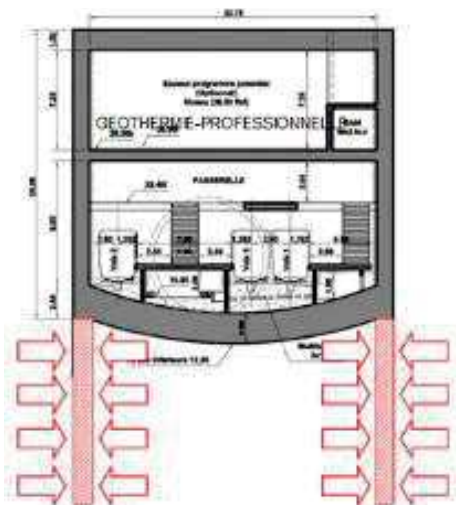
➤ Maître d'Ouvrage : RATP

➤ Année : 2014 - 2020



#### ➤ Tâches réalisées :

Mise en œuvre des systèmes de captage en paroi moulée pour plusieurs milliers de mètres carrés de captage. Dimension maximale parois moulées : hauteur 50 mètres. Epaisseur 1,2 mètres.



# Les géostructures énergétiques

## Le bâtiment produit son énergie renouvelable

### Mise en œuvre de pieux, barrettes et parois moulées géothermiques dans le cadre de la construction de l'ensemble immobilier Testimonio II à Monaco

#### ➤ Description de l'opération :

Construction d'un ensemble immobilier comprenant une tour de 26 étages pour 156 logements, une école, une crèche, un parking de 1 123 places.

Dispositif de compensation d'énergie entre les usages

- Maître d'Ouvrage : Groupe Marzocco
- Architecte : Arquitectonica et Alexandre Giraldi
- Livraison : 2018-2020
- Surface du site : 15 000 m<sup>2</sup>

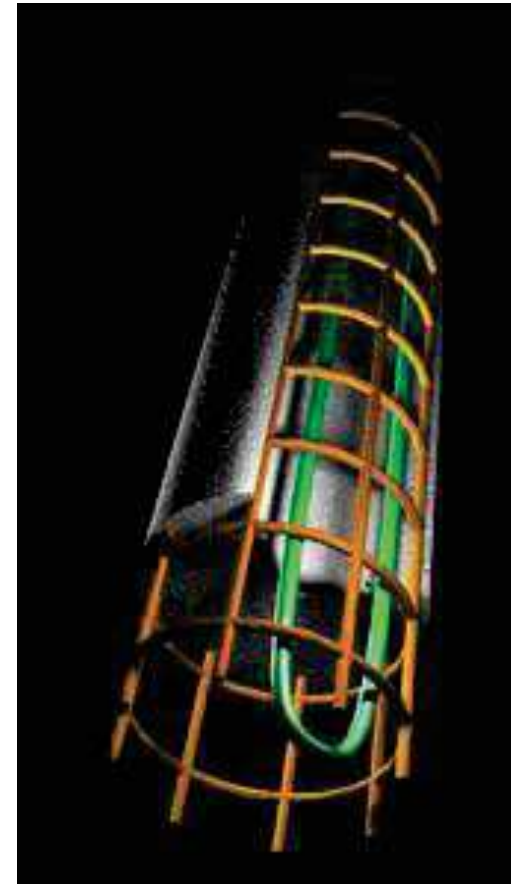




**ecome** *Ingénierie*

10 rue du Commandant Rivière  
75008 PARIS  
01-44-05-06-07

Email : [contact@ecome.fr](mailto:contact@ecome.fr)  
[www.ecome.fr](http://www.ecome.fr)



## Point technique

### FAQ

- Les géostructures ne fonctionnent que pour du neuf, pas de réhabilitation car il faut les mettre sous le bâtiment.
- Les pieux équipés en géostructures ne sont pas soumis à la GMI
- Les fondations géothermiques ne nécessitent pas de Qualiforage mais il faut une entreprise avec les assurances et l'avis technique reconnu. Actuellement, une seule entreprise en France : Géothermie Professionnelle est compétente sur la MOE des fondations
- Le surcoût pour équiper un pieux est en moyenne de 600 à 1200€ mais c'est subventionnable par le Fonds Chaleur de l'ADEME
- Modélisations thermique faisables par différents acteurs, même si ECOME a son outil spécifique (en général, avant-projet, peu importe l'entreprise, modélisation du système géothermique dans la structure, ECOME a un outil spécifique)

## Point technique

### FAQ

- Le rendement est meilleur sur des pieux ou des parois moulées que sur du radier
- Les limons sont intéressants en termes de rendement, les argiles le sont moins.
- La PAC couvre en général 50 à 70% des besoins
- Comme demandé pendant la présentation : Lien vers abaque des conductivités thermiques : <https://energieplus-lesite.be/donnees/enveloppe44/caracteristiques-thermiques-des-sols/> (pour la craie qui n'apparaît pas, on peut compter sur min : 0.92 W/mK, moyenne : 2.2 W/mK et max : 3.4 W/mK ; d'après des analyses dans la craie en UK) et Conception et dimensionnement des géostructures de Syntec : <https://www.geothermies.fr/outils/guides/recommandations-pour-la-conception-le-dimensionnement-et-la-mise-oeuvre-des>