

# FORMATION BÂTIMENT DURABLE

## POMPE À CHALEUR : CHOIX ET CONCEPTION

PRINTEMPS 2022

**Retour d'expérience d'un bureau d'étude**



- ▶ Présenter quelques exemples de projets
- ▶ Zoom sur un point d'attention du projet (à différents stades)



## LES PROJETS

EXEMPLE 1

EXEMPLE 2

EXEMPLE 3

EXEMPLE 4

EXEMPLE 5



### Exemple 1

- ▶ PAC air/eau en promotion immobilière > Zoom sur les critères de choix et les questions relatives à l'intégration

### Exemple 2

- ▶ Géothermie en milieu rural > zoom sur le forage et le TRT

### Exemple 3

- ▶ Géothermie en milieu urbain > Zoom sur le forage

### Exemple 4

- ▶ PAC air/eau en transformation > Zoom sur les critères acoustiques

### Exemple 5

- ▶ Deux retours de monitoring (en géothermie)



## LES PROJETS

**EXEMPLE 1** - PAC air/eau en promotion immobilière

EXEMPLE 2 - Géothermie en milieu rural

EXEMPLE 3 - Géothermie en milieu urbain

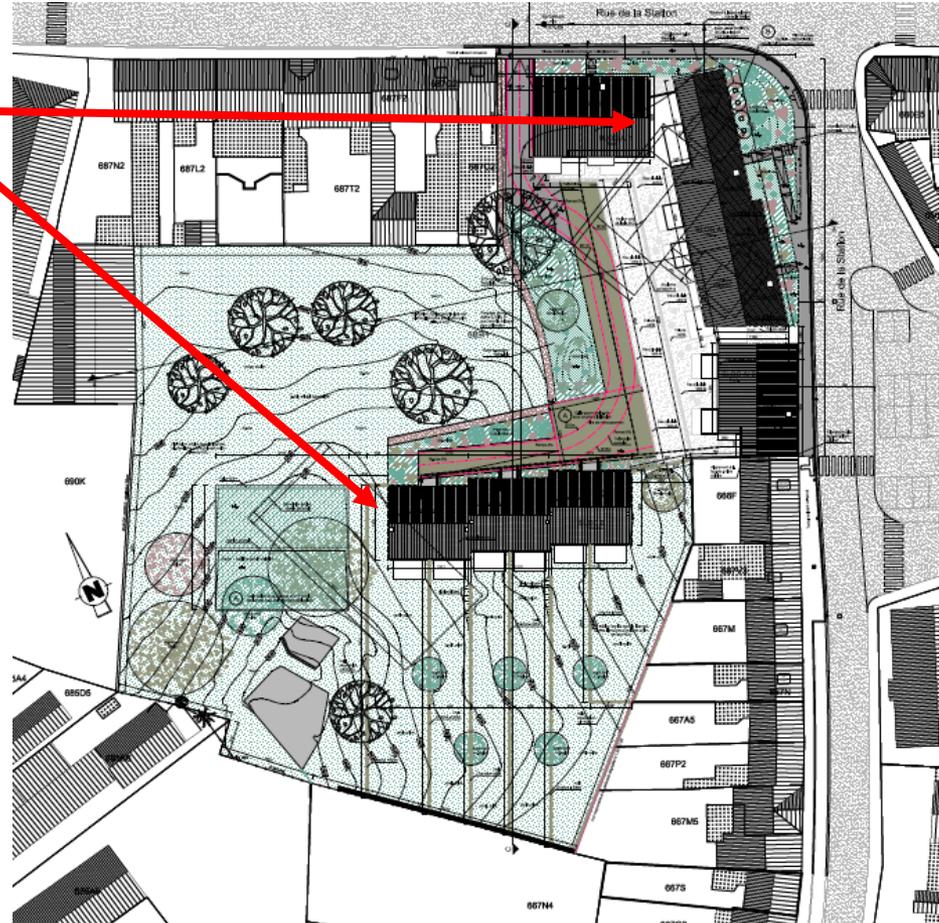
EXEMPLE 4 - PAC air/eau en transformation

EXEMPLE 5 - monitoring



## Conception

- ▶ Occupation 30 logements
  - 24 appartements
  - 6 maisons
- ▶ Situation : Péri-urbain
- ▶ Statut : Chantier
- ▶ Besoins couverts par la PAC :
  - Chaud /ECS/Froid (Rafrachissement)



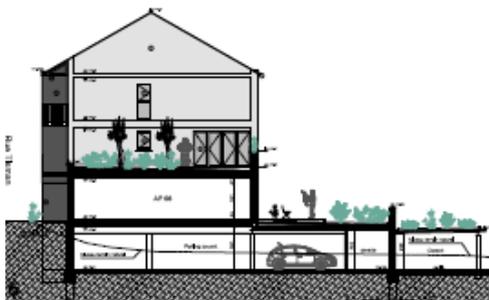
## EXEMPLE 1 - PAC air/eau en promotion immobilière

## Vue en élévation et coupe



Source : diip architectes

Façade immeuble



Coupe immeuble



Façade maisons



## Conception

- ▶ Technologie
  - Production

**Immeuble à appartements** : Production de chauffage, ECS et rafraîchissement centralisée > pompe à chaleur air/eau réversible monobloc (chaud et froid) combinée à une chaudière gaz à condensation (appoint chauffage et production d'ECS) + préparateur ECS + boucle sanitaire

**Maisons**: Production de chauffage, ECS et rafraîchissement décentralisée > pompes à chaleurs air/eau réversibles (unité intérieure + unité extérieure)

- Emission : ventilo-convecteurs dans les chambres / chauffage sol dans les pièces de vie / radiateurs électriques dans les salles de bain



## Contexte

- ▶ Promotion immobilière « haut standing »
  
- ▶ Faut-il produire du froid pour des logements ?
  - Risque de surchauffe limité (bonne inertie / protections solaires mobiles)
  - Standard de confort (trop?) élevé
  - Impact environnemental climatiseurs individuels **VS** PAC centralisée et étudiée



## En pratique

### ► EFS

- Chaudière gaz centralisée (pas de production de froid)
- PAC par logement (eau/eau et air/eau)
- Chaudière gaz centralisée pour chaud + PAC centralisée pour rafraîchissement

⇒ **Comparaison des coûts / avantages et inconvénients des solutions**



## En pratique

### MAISONS – OPTION RETENUE

- ▶ Remplacer les chaudières individuelles au gaz par des PAC individuelles air/eau
  
- ▶ Afin de limiter les surcoûts
  - Production de chaud **OU** de froid mais choix individuel
  - Distribution dimensionnée sur le chaud
  - Froid > Rafraichissement : pas possible de garantir une consigne et système « haute température »
  - Choix d'émetteurs pouvant fonctionner en chaud ou en froid
  - Radiateurs électriques pour pouvoir chauffer les SDB quand le réseau est en mode « froid »



## En pratique

### MAISONS - INTEGRATION

- ▶ Difficulté moindre mais existante à trouver un emplacement pour la PAC
  - Bruit généré
  - Intégration paysagère
  - Distance à respecter entre unité intérieure et extérieure (système split)
  
- ▶ Solution retenue: PAC split placée dans les jardins privés et unité extérieure équipée d'un capotage acoustique (900€/PAC)



## LES PROJETS

EXEMPLE 1 - PAC air/eau en promotion immobilière

**EXEMPLE 2** - Géothermie en milieu rural

EXEMPLE 3 - Géothermie en milieu urbain

EXEMPLE 4 - PAC air/eau en transformation

EXEMPLE 5 - monitoring



## Conception

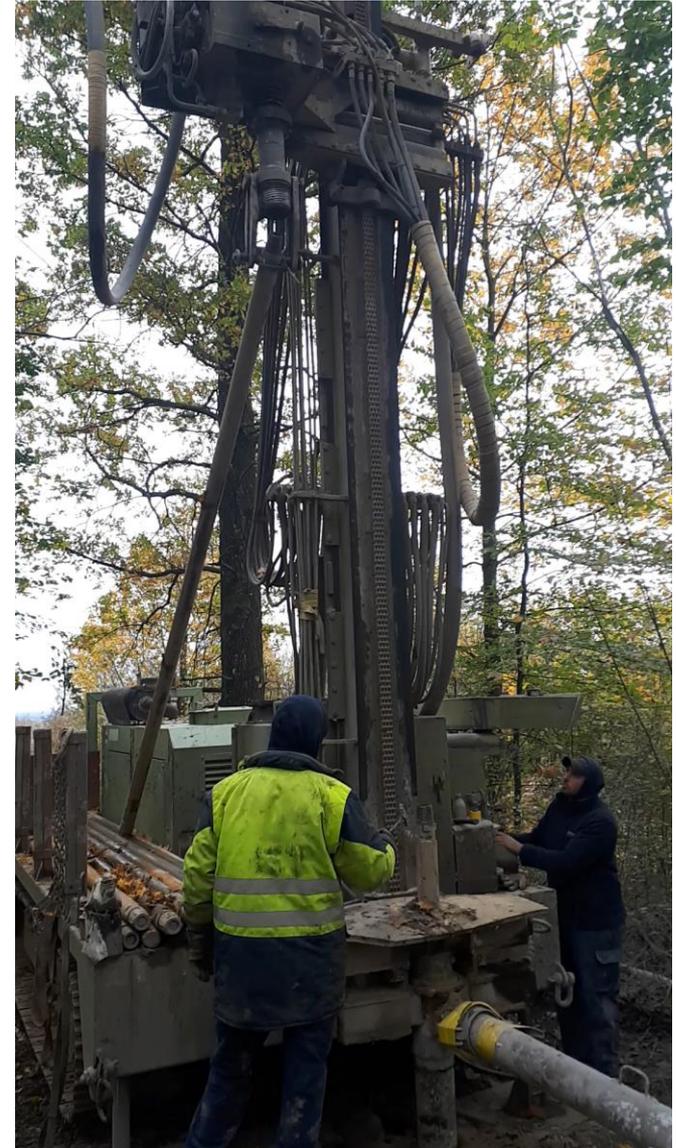
- ▶ Occupation : Arboretum
  - 70 m<sup>2</sup> de bureaux
  - 1 caféteria ouverte au public + 1 salle de formation
  - 1 logement 3 chambres et 2 chambres d'hôtes
  
- ▶ Situation : Rural, en forêt
  
- ▶ Statut : Chantier
  
- ▶ Besoins couverts par PAC : Chauffage
  
- ▶ Technologie
  - Production chauffage : PAC géothermique 40 kW + résistance électrique 9 kW géothermie fermée, 7x100 m de sonde
  - Production ECS : Boilers électriques instantanés pour les chambres d'hôtes et avec petit stockage pour les bureaux
  - Emission : Ventilateurs-convecteurs, chauffage via la ventilation







## En pratique – Le forage



Source/Bron : Ecorce - Eco Forage



## En pratique – Le TRT

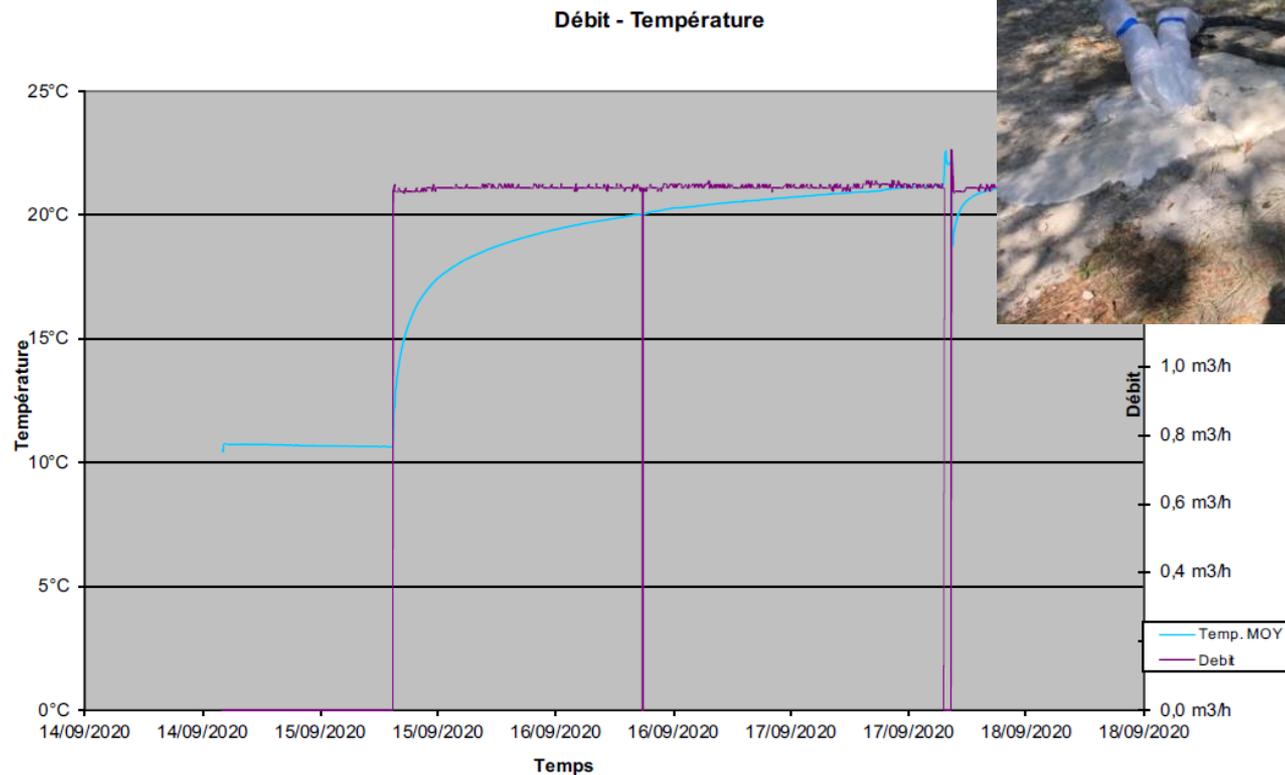
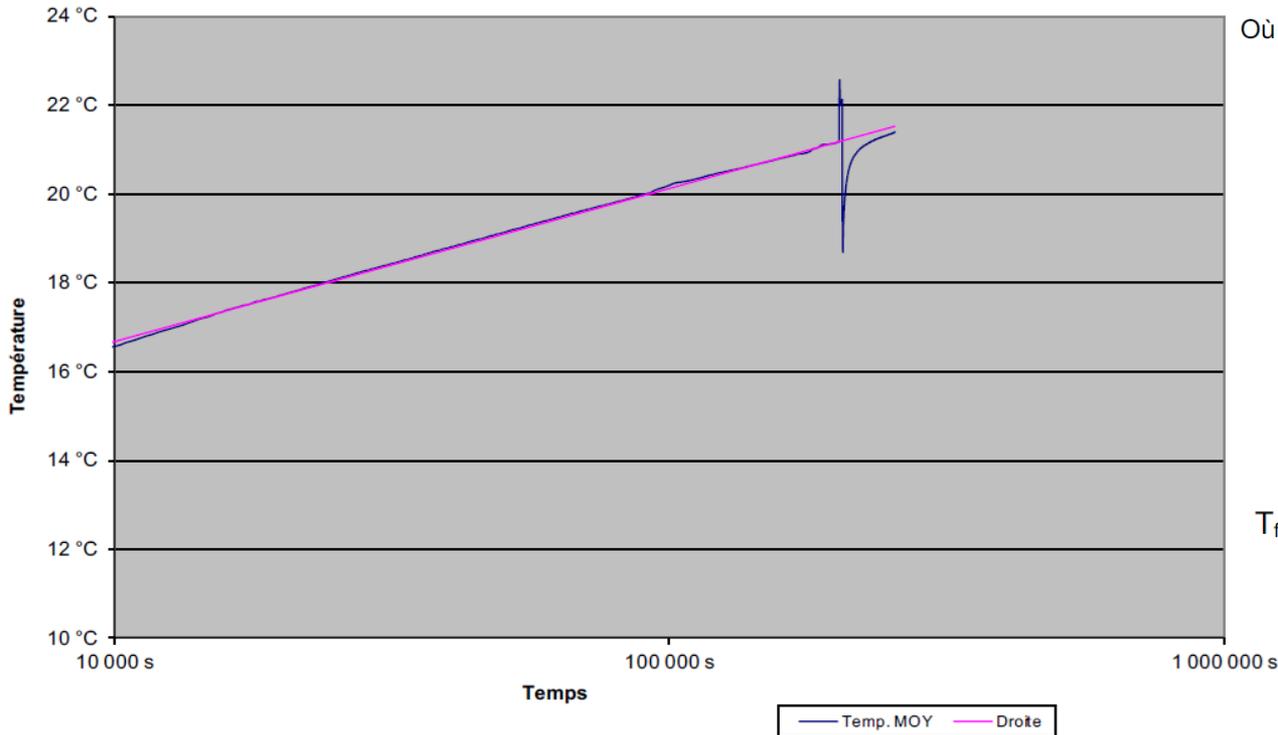


Figure 2 : courbes des mesures de débit/température en fonction du temps



## En pratique – Le TRT



### Conductivité thermique

$$T_f = T_0 + q \left[ \ln \left( 4 \alpha t / r^2 \right) - \gamma \right] / 4 \pi \lambda$$

Où

- $T_f$  = température moyenne du fluide (°K)
- $T_0$  = température initiale du terrain (°K)
- $q$  = puissance injectée (W)
- $\lambda$  = conductivité thermique du terrain (W/mK)
- $\alpha$  = diffusion thermique (=  $\lambda / \rho C$ )
- $r$  = rayon du forage (m)
- $\gamma$  = constante d'Euler (0,5772)

$$\Rightarrow \lambda = 2,56 \text{ W/mK}$$

### Résistance thermique de la sonde

$$T_f - T_0 = + q \left[ \ln \left( 4 \alpha t / r^2 \right) - \gamma \right] / 4 \pi \lambda + q R_b$$

$$\Rightarrow R_b = 0,075 \text{ K/(W/m)}$$

Figure 2 : Graphe température – logarithme du temps

Source/Bron : Geo-Green



## LES PROJETS

EXEMPLE 1 - PAC air/eau en promotion immobilière

EXEMPLE 2 - Géothermie en milieu rural

**EXEMPLE 3 - Géothermie en milieu urbain**

EXEMPLE 4 - PAC air/eau en transformation

EXEMPLE 5 - monitoring



## Conception

- ▶ Occupation
  - 475 m<sup>2</sup> de bureaux + réfectoire + circulations
  - 137 m<sup>2</sup> commerce
- ▶ Situation : Urbain
- ▶ Statut : Chantier
- ▶ Besoins couverts par PAC chaud/froid - 55 kW
- ▶ Technologie : géothermie (peu profonde)



© Niels Nooy



© Niels Nooy

Source : Atelier d'architecture Pierre Hebbelinck  
© photo: Niels Nooy



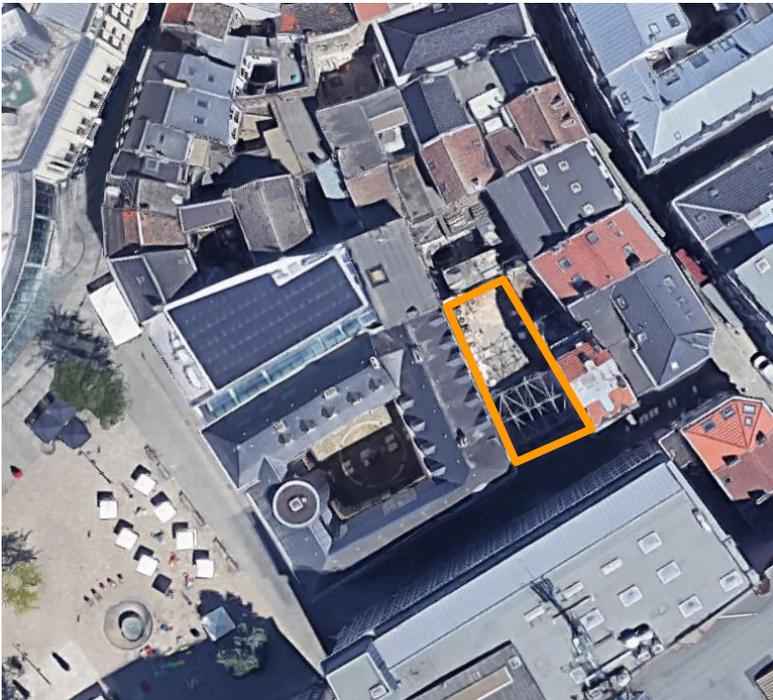
## En pratique

- ▶ Chaud/froid via PAC géothermique
  - Sondes verticales sous le bâtiment
  - Emissions via ventilo-convecteurs et chauffage sol
  - Distribution en bi-tube → ! Basculement mode été/hiver
  
- ▶ Production ECS décentralisée via boilers élec (faibles besoins)
  
- ▶ Choix PAC géothermique pour acoustique (cœur d'ilot)
- ▶ Faible surface de terrain → nombre de sondes limité → puissance limitée
  
- ▶ Combinaison de solutions passives (protections solaires motorisées, ventilation naturelle) et actives (ventilation à détente directe) alternatives  
OBEJCTIF : optimiser la performance énergétique du bâtiment et limiter la puissance de chaud/froid nécessaire



## Points d'attention

- ▶ Accès
    - Terrain enclavé en centre ville, ruelle piétonne étroite
- ⇒ **Machines de forage spécifique, compacte**



## Points d'attention

### ► Phasage

- Sondes géothermiques sous le bâtiment → avant ou après les terrassements et le gros-œuvre de la cave?

⇒ **Ici: avant → Terrassement minutieux!**



## Points d'attention

- ▶ Intégration architecturale et thermique des chambres de visite pour têtes de sondes
  - ⇒ **Chambre de visite intégrée sous le paillason encastré de l'entrée!**
  
- ▶ Cave sous le niveau de la Meuse → Gestion de l'étanchéité à l'eau
  - Modification du réseau de liaisons horizontales → pas de passage de fourreaux sous la dalle de cave
    - ⇒ **Collerettes d'étanchéité au niveau des têtes de sondes en cave**
  
    - ⇒ **Conduits en aérien → isolation anti-condensation**



## LES PROJETS

EXEMPLE 1 - PAC air/eau en promotion immobilière

EXEMPLE 2 - Géothermie en milieu rural

EXEMPLE 3 - Géothermie en milieu urbain

**EXEMPLE 4 - PAC air/eau en transformation**

EXEMPLE 5 - monitoring



**29** **EXEMPLE 4 - PAC air/eau en transformation****Conception**

- ▶ Occupation : Crèche
- ▶ Situation : Urbain
- ▶ Statut : Chantier
- ▶ Besoins couverts par PAC : Chaud / Froid
- ▶ Technologie : objet de la présentation



## Objectif de la transformation

- ▶ Remplacer la chaudière individuelle au gaz par une PAC
- ▶ Ajouter du confort via la ventilation dans tous les espaces
- ▶ Ajouter du confort dans quelques locaux spécifiques

## Conditions

- ▶ Production de chaud OU de froid
- ▶ Distribution dimensionnée sur le chaud
- ▶ Froid > Rafraîchissement : pas possible de garantir une consigne et système « haute température »
- ▶ Fonctionnement compatible avec les émetteurs existants



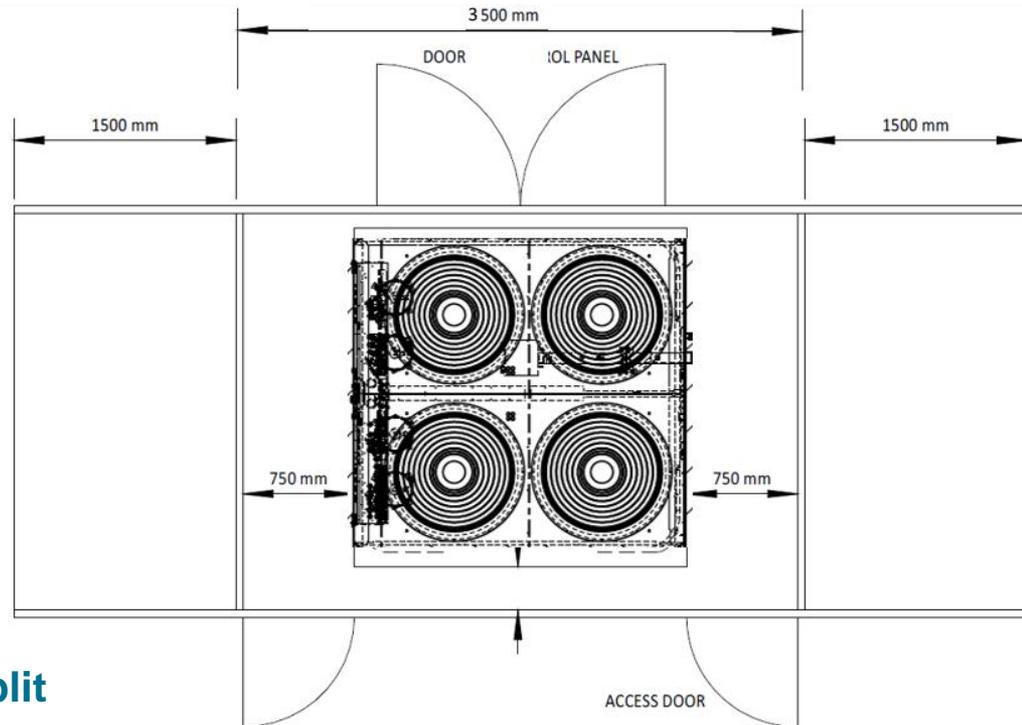
**31** **EXEMPLE 4 - PAC air/eau en transformation****En pratique**

- ▶ Deux approches :
  - Monobloc
  - Démultiplication des systèmes
  
- ▶ Grosses difficultés à trouver un emplacement pour la PAC
  - Bruit généré
  - Encombrement unité
  - Intégration / Permis d'urbanisme
  - Distance à respecter entre unité intérieure et extérieure (système split)
  - Distance entre la PAC et le local technique



## EXEMPLE 4 - PAC air/eau en transformation

## Version monobloc



## Version cascade + multi-split



## LES PROJETS

EXEMPLE 1 - PAC air/eau en promotion immobilière

EXEMPLE 2 - Géothermie en milieu rural

EXEMPLE 3 - Géothermie en milieu urbain

EXEMPLE 4 - PAC air/eau en transformation

**EXEMPLE 5 - Monitoring**



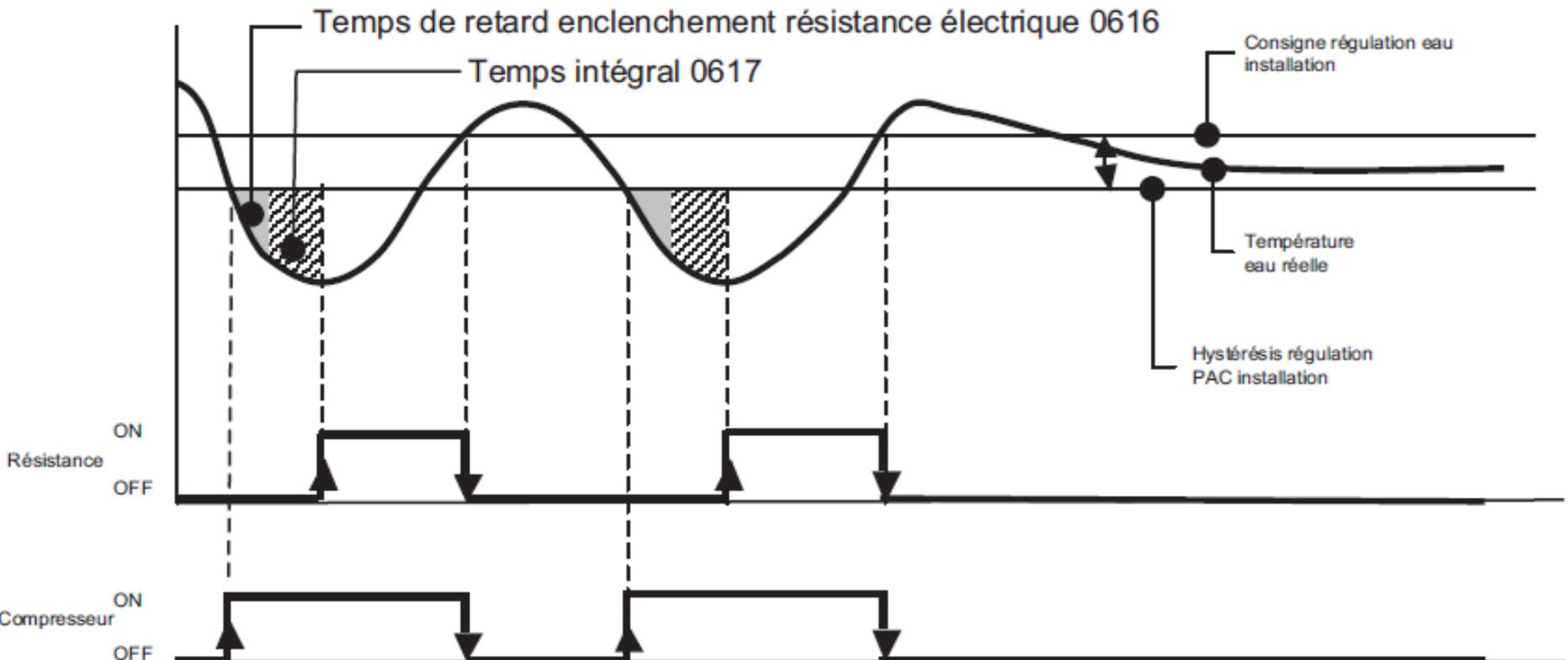
## Conception – deux projets différents

- ▶ Occupation : bureaux
  
- ▶ Statut : Occupé
  
- ▶ Besoins couvert par la PAC : Chaud / Froid
  
- ▶ Technologie : géothermie (peu profonde)
  - Cas 1 - Distribution en bi-tube → ! Basculement mode été/hiver



### Points d'attention – CAS 1

- Le monitoring montre un fonctionnement de la résistance plus de 500h principalement entre mi-novembre et début mars

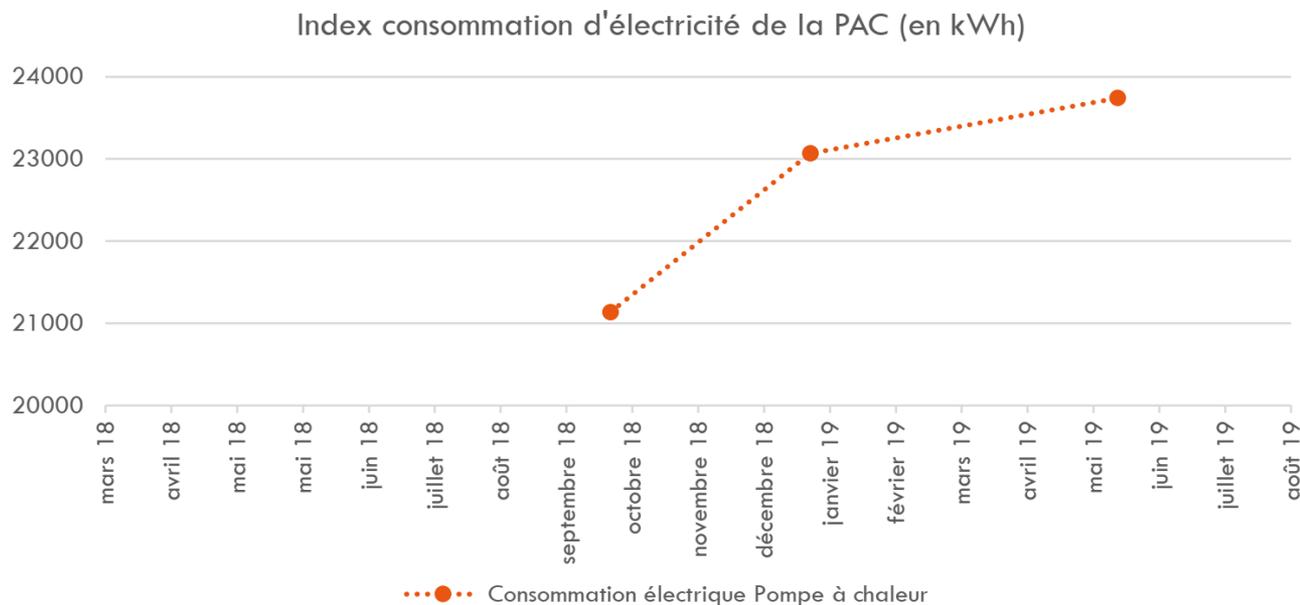


## EXEMPLE 5 - Monitoring

### Points d'attention – CAS 2

- Relevé manuel lors du suivi à la mise en route

DATE	INDEX CONSO ÉLEC PAC [kWh]	T <sub>BIVALENCE</sub> [°C]
18.10.18	21137,00	-15
17.01.19	23069,00	15
06.06.19	23741,00	-5





- ▶ Chaque type de PAC présentent des avantages/inconvénients en terme d'intégration (au cas par cas, selon le contexte du projet)
- ▶ L'intégration d'une PAC dans un projet est à réfléchir dès l'avant-projet.
- ▶ L'étude d'exécution et l'anticipation sont ensuite primordiales pour garantir le bon fonctionnement du système sous tous les points de vue (accessibilité, entretien, acoustique,...)
- ▶ Un monitoring régulier est indispensable de contrôler le bon fonctionnement d'une installation.



**Pierre GUSTIN**

Ingénieur projet  
écorce sa

 + 32 4 226 91 60

 [info@ecorce.be](mailto:info@ecorce.be)



MERCI POUR VOTRE ATTENTION

