

# FORMATION BÂTIMENT DURABLE

## POMPE À CHALEUR : CHOIX ET CONCEPTION

PRINTEMPS 2021

Dimensionnement et intégration  
d'installations à pompe à chaleur géothermique

Hans HOES



## INTRODUCTION

### UNE APPLICATION INTELLIGENTE DE LA PAC GEOTHERMIQUE

- ▶ Conditions cadres
- ▶ Facteurs de faisabilité

### CONCEPTION D'UNE POMPE A CHALEUR GEOTHERMIQUE

- ▶ Etude préliminaire
- ▶ Marche à suivre

### POINTS D'ATTENTION

- ▶ Impact sur l'environnement
- ▶ Bilan énergétique dans le sol
- ▶ Profil des besoins énergétiques

### EXIGENCES D'INTÉGRATION





- ▶ L'objectif de cette présentation est d'expliquer la conception de systèmes à pompe à chaleur géothermique.
- ▶ On y traite du dimensionnement de systèmes sources ouverts ou fermés et de l'intégration dans l'installation HVAC.
- ▶ Le bâtiment de BIM/IBGE Bruxelles sert d'étude de cas.
- ▶ Cette présentation traite de la production géothermique de chaud et de froid et non de la distribution de cette énergie dans le bâtiment.



## INTRODUCTION

### **UNE APPLICATION INTELLIGENTE DE LA PAC GEOTHERMIQUE**

- ▶ **Conditions cadres**
- ▶ **Facteurs de faisabilité**

## CONCEPTION D'UNE POMPE A CHALEUR GEOTHERMIQUE

- ▶ Etude préliminaire
- ▶ Marche à suivre

## POINTS D'ATTENTION

- ▶ Impact sur l'environnement
- ▶ Bilan énergétique dans le sol
- ▶ Profil des besoins énergétiques

## EXIGENCES D'INTÉGRATION



## Conditions géologiques

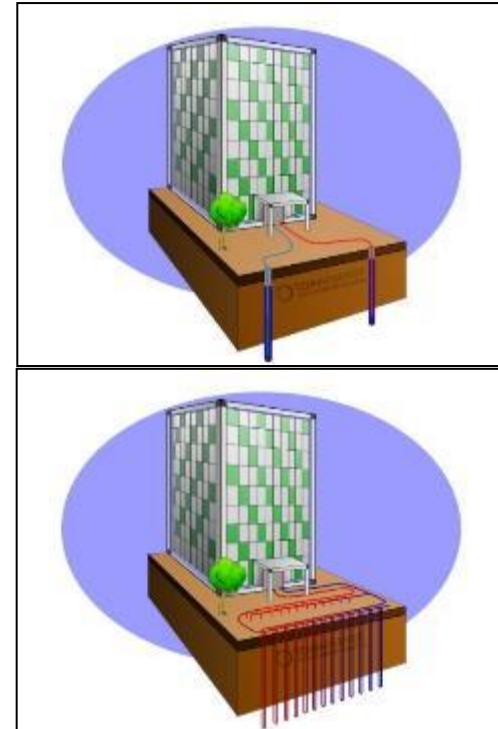
- ▶ Systèmes ouverts
  - Présence d'aquifères
  - Perméabilité suffisamment grande
  - Faible circulation des eaux souterraines
- ▶ Systèmes fermés
  - Sédiments bien forables
  - Conductibilité acceptable du sol

## Systèmes de distribution adapté dans le bâtiment

- ▶ Chauffage basse température
- ▶ Refroidissement haute température

## Espace suffisant pour placer le système géothermique

- ▶ A côté ou en dessous du bâtiment
- ▶ Parfois difficile dans des projets de rénovation ou dans les centres-villes



## Systèmes géothermiques ouverts vs. fermés

- ▶ Systèmes ouverts
  - Capacité par paire de sources ( $\text{m}^3/\text{h}$  retrait et injection)
  - Conditions de forage
- ▶ Systèmes fermés
  - Capacité par forage (conductibilité / profondeurs faisables)
  - conditions de forage

## Taille du projet (effet d'échelle)

- ▶ Systèmes ouverts non rentables < 75 kW
- ▶ Les systèmes plus grands sont toujours plus intéressants

## Besoins énergétiques

- ▶ Chauffage et/ou refroidissement
- ▶ Application du refroidissement passif très favorable

## Prix de l'énergie

- ▶ Rapport prix de l'électricité/gaz



## INTRODUCTION

### UNE APPLICATION INTELLIGENTE DE LA PAC GEOTHERMIQUE

- ▶ Conditions cadres
- ▶ Facteurs de faisabilité

### **CONCEPTION D'UNE POMPE A CHALEUR GEOTHERMIQUE**

- ▶ **Etude préliminaire**
- ▶ **Marche à suivre**

### POINTS D'ATTENTION

- ▶ Impact sur l'environnement
- ▶ Bilan énergétique dans le sol
- ▶ Profil des besoins énergétiques

### EXIGENCES D'INTÉGRATION



## ÉTUDE PRÉLIMINAIRE

### Systèmes ouverts : puits d'exploration

- ▶ Réalisation du forage + placement d'un filtre dans l'aquifère à étudier
- ▶ Essai de pompage pendant un certain temps avec mesure de niveau
- ▶ Essai de récupération avec mesure de niveau
- ▶ Analyse des résultats avec estimation des paramètres géohydrologiques

### Systèmes fermés : test TRT

- ▶ Placement d'une sonde verticale dans des conditions réelles
- ▶ Raccord du chariot de mesure TRT (essai de réaction thermique)
- ▶ Injection de chaleur pendant au moins 60 heures
- ▶ Analyse de la réaction de la température avec valeur d'estimation  $\lambda$  du sol



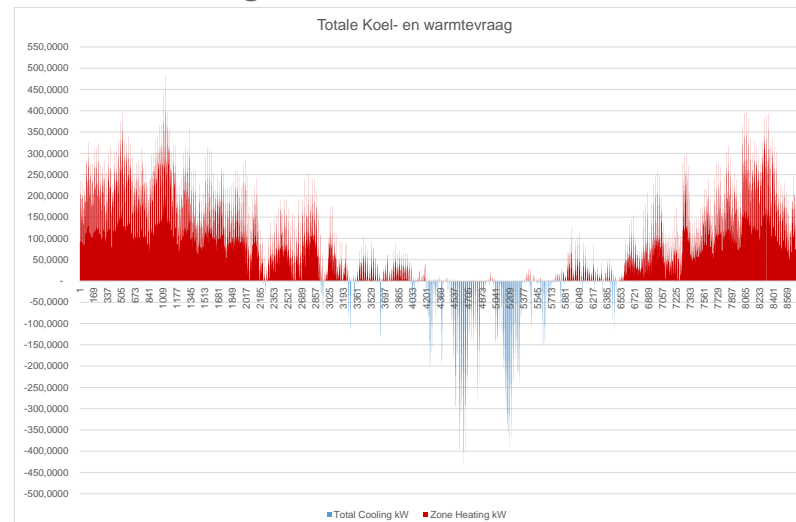


## Analyse géologique

- ▶ Caractéristiques de composition du sous-sol (< 200 m)
  - Caractéristiques géohydrologiques
  - Caractéristiques thermiques
  - Profondeur des aquifères (systèmes ouverts)
  - Profondeurs de forage faisables (systèmes fermés)
- ▶ Captages d'eau / pollution du sol
- ▶ Législation / permis

## Analyse énergétique de l'application

- ▶ Puissances de pointe nécessaires chauffage / refroidissement
- ▶ Besoins annuels chauffage / refroidissement



## Sélection du concept géothermique

- ▶ Fonctionnalités souhaitées
  - Uniquement chauffage
  - Chauffage et refroidissement (jamais simultanément)
  - Chauffage et refroidissement (simultanément)
  - Refroidissement passif et/ou actif
- ▶ Choix du système de pompe à chaleur
- ▶ Choix des détails du système géothermique

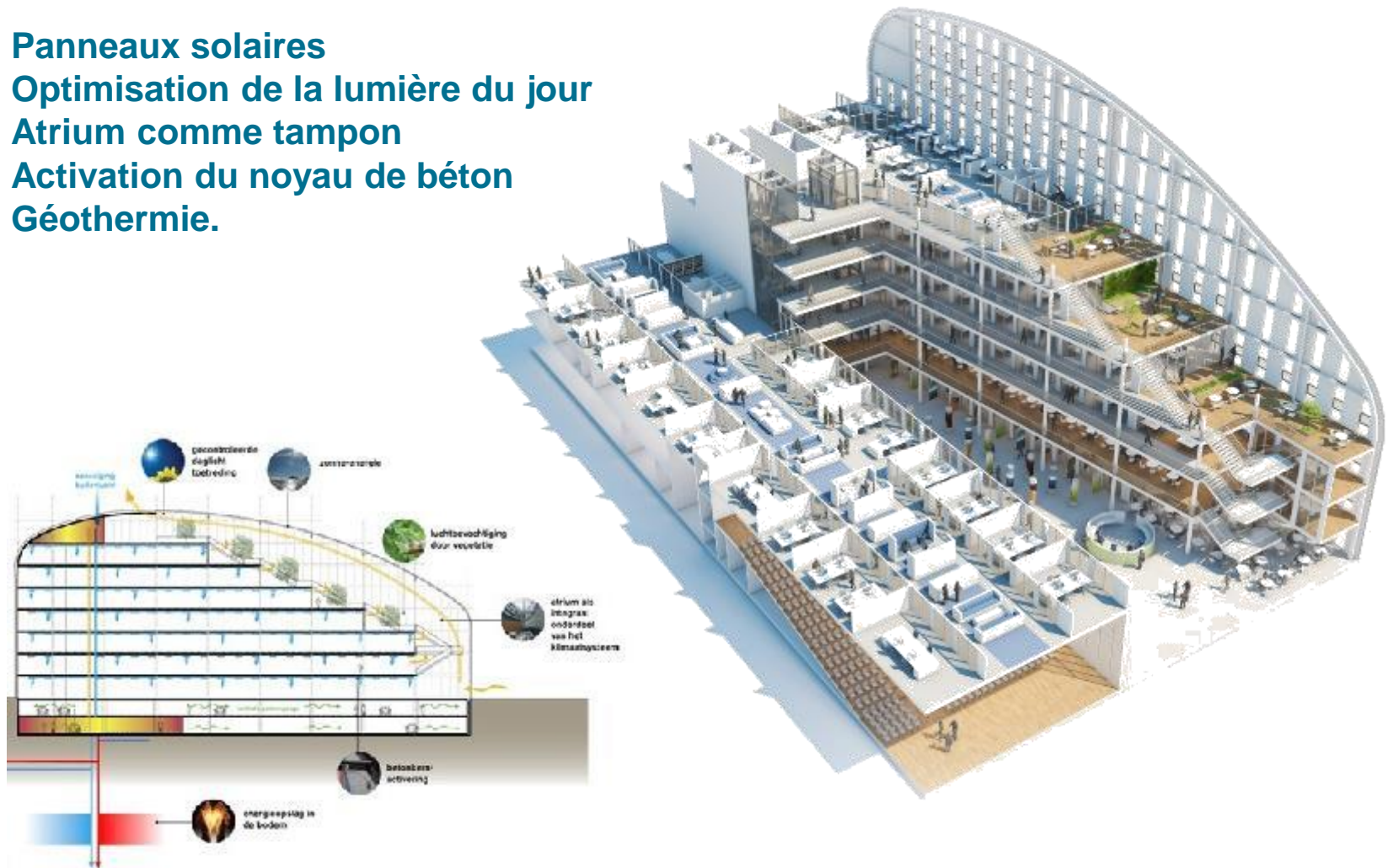
## Conception détaillée géothermique

- ▶ Systèmes ouverts
  - Simulations géohydrologiques
  - Conception de la source (diamètre, position du filtre, distance par rapport à la source...)
  - Conception de l'échangeur de chaleur
  - Dimensionnement des composants d'installation
- ▶ Systèmes fermés
  - Simulations dynamiques
  - Détermination des paramètres d'installation (profondeur de forage, type de sonde, distance...)
  - Dimensionnement des composants d'installation

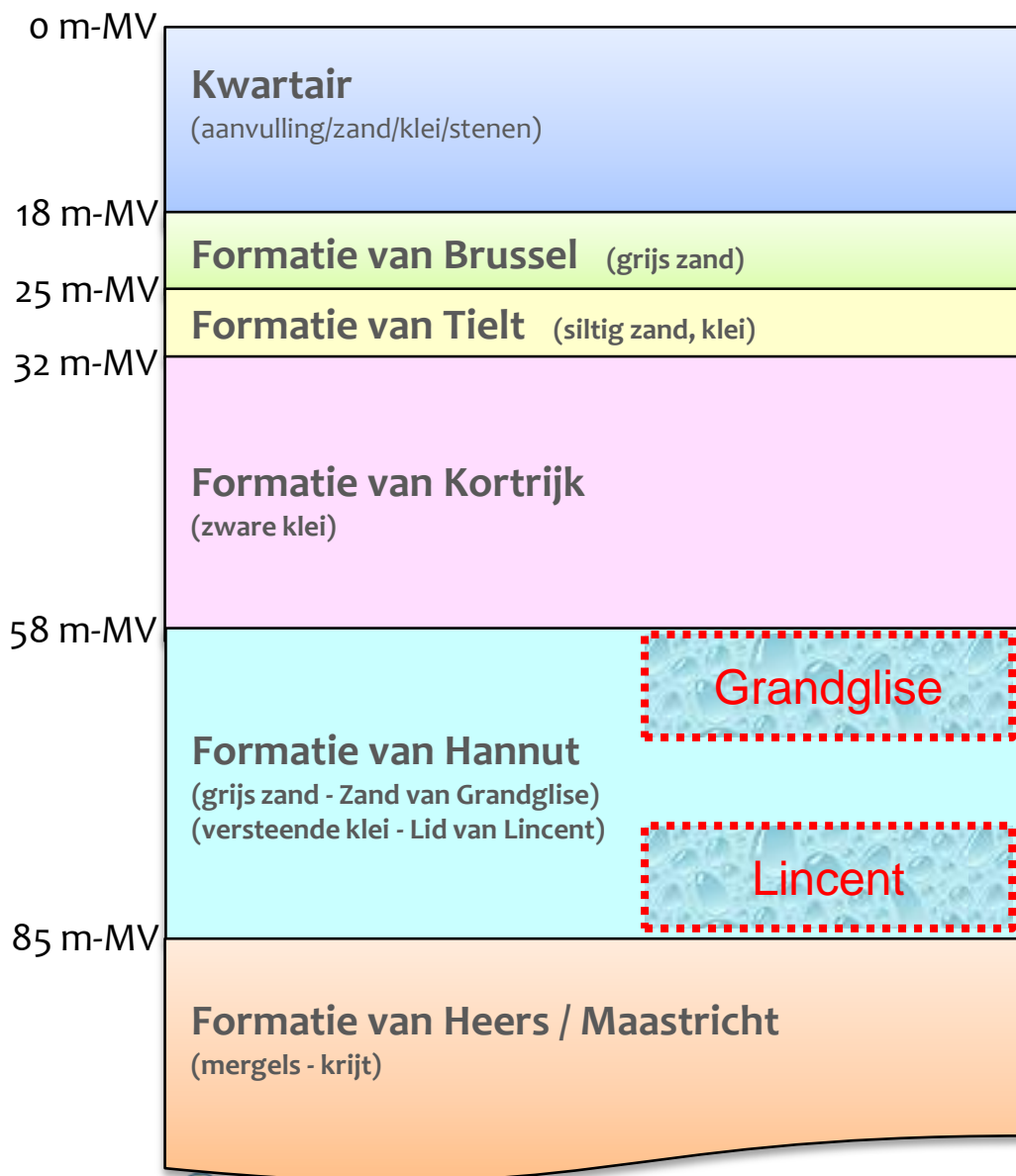




**Panneaux solaires**  
**Optimisation de la lumière du jour**  
**Atrium comme tampon**  
**Activation du noyau de béton**  
**Géothermie.**



## CONCEPTION BIM/IBGE BRUXELLES : GÉOLOGIE



**Adapté pour le stockage  
chaud/froid :**

- **$K \sim 2 \text{ m/d}$**
- **$D \sim 15 \text{ m (2 x 7,5 m)}$**
- **$12 \text{ m}^3/\text{h}$  par source**



**450 kW de refroidissement**

**250 kW passif  
200 kW actif**

**260 MWh/an**



**265 kW de chauffage**

**265 kW PAC**

**350 MWh/an**



**4 paires de sources de 12 m<sup>3</sup>/h**

**1 pompe à chaleur 265 kW**



## *Statut 0 Repos*

Demande de chaud = 0

Demande de froid = 0

**Ensemble de l'installation inactif, mais :**

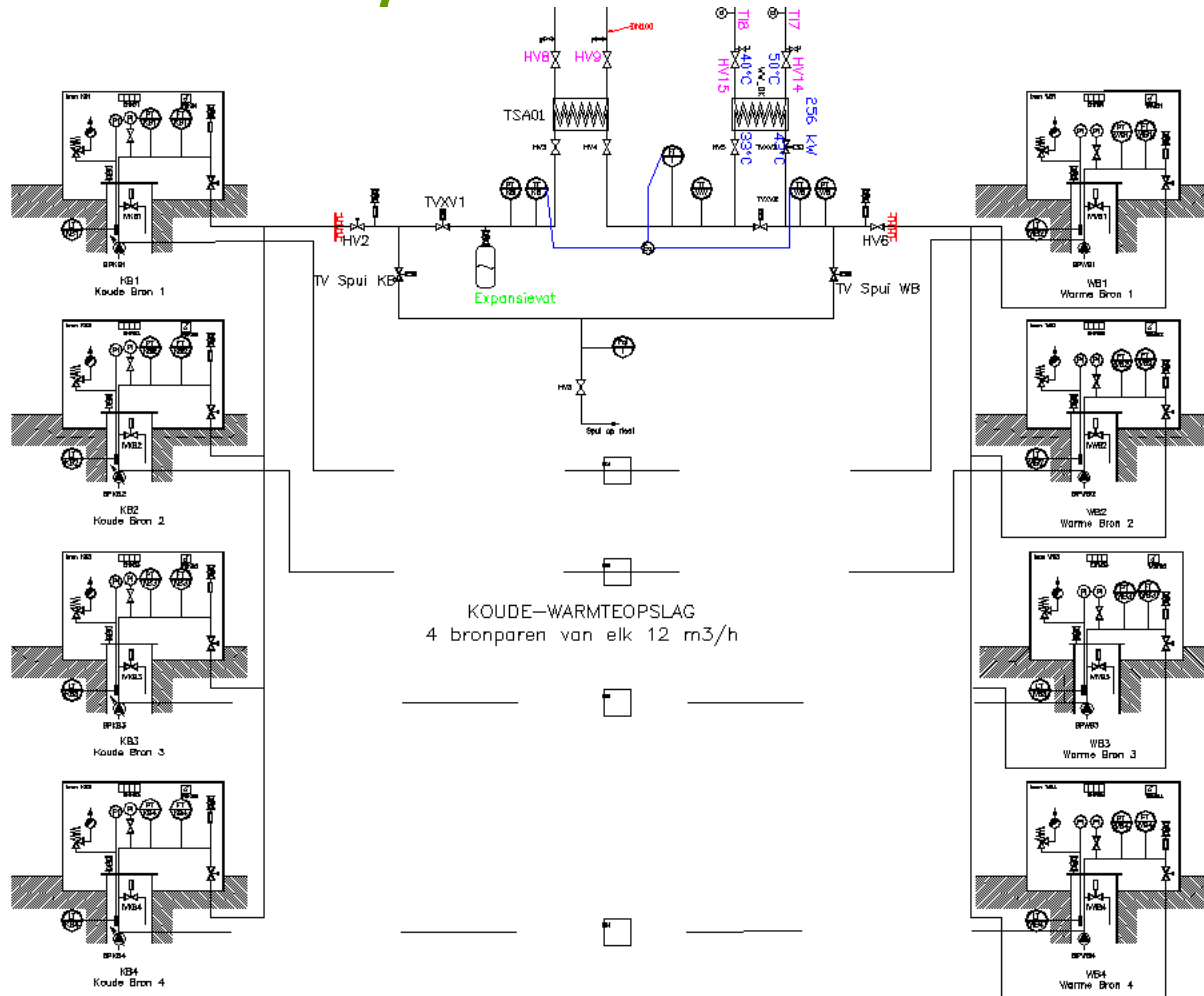
**Le MAINTIEN DE LA PRESSION** laisse le circuit des eaux souterraines en surpression pour éviter tout dégazage/floculation.

**Le MAINTIEN DE LA PRESSION** se fait par des pompes de source et des vannes d'injection.



# Statut 0 Repos

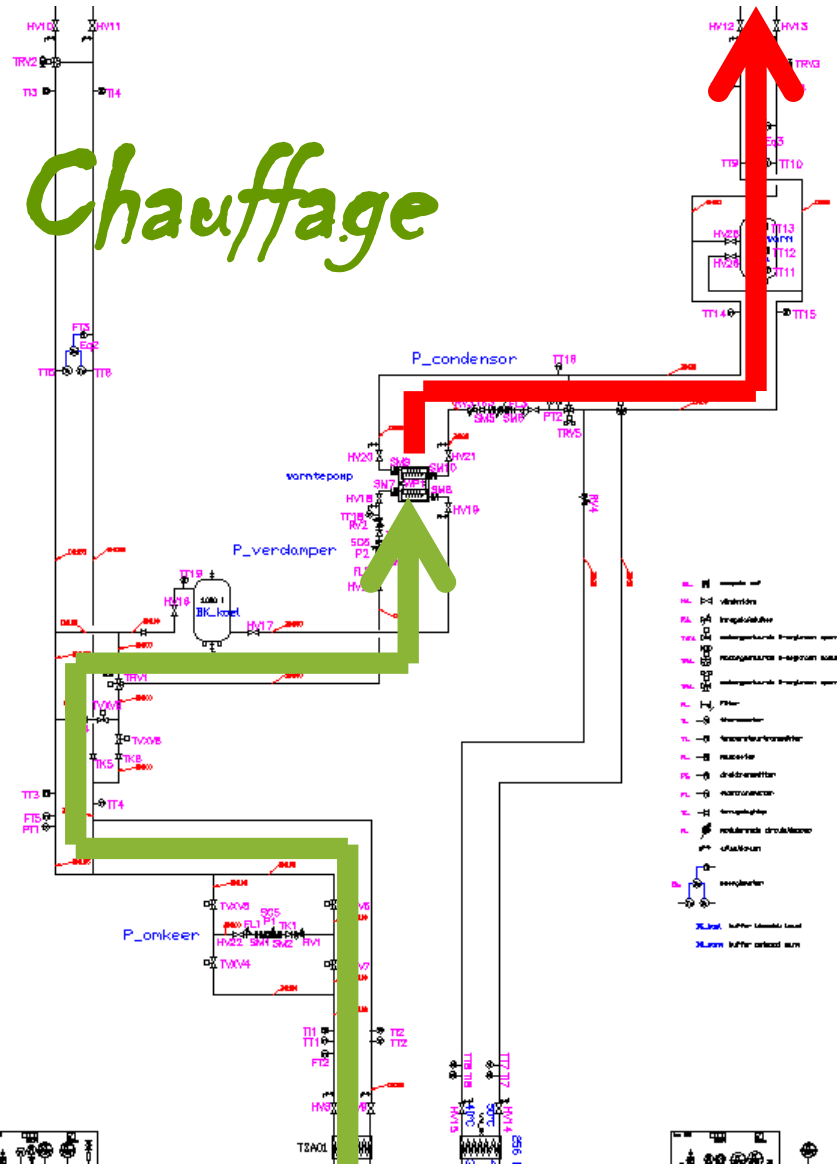
Demande de chaud = 0  
Demande de froid = 0





Statut 1 Chauffage

Demande de chaud = 1  
Demande de froid = 0



**Demande de chaud = 1**

**Demande de froid = 0**

## *Statut 1 Chauffage*

**La pompe à chaleur est libérée pour réchauffer le tampon chaud à la température demandée**

**Le stockage chaud/froid pompe de chaud à froid**

**L'inverseur de pompe transporte la chaleur du stockage chaud/froid vers l'évaporateur de la pompe à chaleur**





Demande de chaud = 0

Demande de froid = 1

## *Statut 2 Refroidissement libre*

La demande de froid est livrée le plus possible du système de stockage chaud/froid, directement via l'échangeur de chaleur

La pompe à chaleur ne tourne pas !

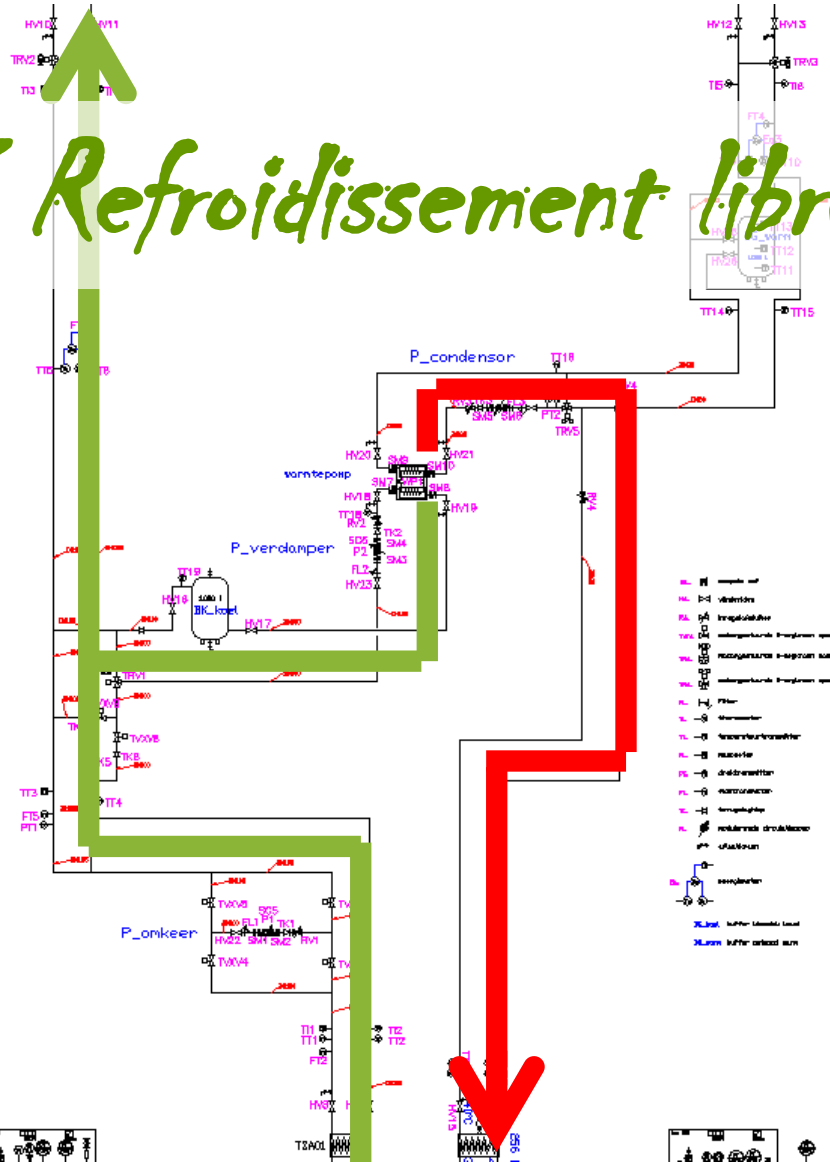
Le stockage chaud/froid pompe du froid au chaud

L'inverseur de la pompe transporte le froid du stockage chaud/froid vers le collecteur froid du bâtiment



Demande de chaud = 0  
Demande de froid = 1

# Statut 3 Refroidissement libre + mécanique



Demande de chaud = 0

Demande de froid = 1

## *Statut 3 Refroidissement libre + mécanique*

La demande de froid est le plus possible livrée depuis le système de stockage chaud/froid, mais ce n'est pas suffisant. La pompe à chaleur fournit du froid supplémentaire.

La pompe à chaleur tourne, le froid est transmis au bâtiment et la chaleur est évacuée vers le stockage chaud/froid

Le stockage chaud/froid pompe du froid au chaud

L'inverseur de la pompe transporte le froid du stockage chaud/froid vers le collecteur froid du bâtiment





Demande de chaud = 1

Demande de froid = 1

## *Statut 4 Chauffage + refroidissement été*

Aussi bien demande de chaud que de froid depuis le bâtiment, avec une plus grande demande de froid que de chaud

La pompe à chaleur tourne, le froid est transmis au bâtiment et la chaleur est transmise au tampon chaud

Le stockage chaud/froid pompe du froid au chaud et fournit du froid supplémentaire

L'inverseur de la pompe transporte le froid du stockage chaud/froid vers le collecteur froid du bâtiment







Demande de chaud = 1

Demande de froid = 1

## *Statut 5 Chauffage + refroidissement hiver*

Aussi bien demande de chaud que de froid depuis le bâtiment, avec une plus grande demande de chaud que de froid

La pompe à chaleur tourne, la chaleur est transmise au tampon chaud et le froid est transmis au bâtiment et au stockage chaud/froid

Le stockage chaud/froid pompe de chaud à froid.

L'inverseur de pompe transporte la chaleur du stockage chaud/froid vers l'évaporateur de la pompe à chaleur



## INTRODUCTION

### UNE APPLICATION INTELLIGENTE DE LA PAC GEOTHERMIQUE

- ▶ Conditions cadres
- ▶ Facteurs de faisabilité

### CONCEPTION D'UNE POMPE A CHALEUR GEOTHERMIQUE

- ▶ Etude préliminaire
- ▶ Marche à suivre

## POINTS D'ATTENTION

- ▶ **Impact sur l'environnement**
- ▶ **Bilan énergétique dans le sol**
- ▶ **Profil des besoins énergétiques**

## EXIGENCES D'INTÉGRATION



## Une bonne analyse énergétique du bâtiment est inévitable

L'intégration optimale de l'installation géothermique est complexe, mais très importante pour un bon résultat final (voir élément suivant)

### Impact sur l'environnement

- ▶ Attention à porter à la qualité des eaux souterraines
- ▶ Attention à porter à la pollution
- ▶ Attention à porter aux techniques de forage

### Pas toujours possible d'atteindre un bilan énergétique dans le sol

- ▶ En tenir compte lors de la conception
- ▶ Equilibrage artificiel avec des dry coolers ou des panneaux solaires



## INTRODUCTION

### UNE APPLICATION INTELLIGENTE DE LA PAC GEOTHERMIQUE

- ▶ Conditions cadres
- ▶ Facteurs de faisabilité

### CONCEPTION D'UNE POMPE A CHALEUR GEOTHERMIQUE

- ▶ Etude préliminaire
- ▶ Marche à suivre

### POINTS D'ATTENTION

- ▶ Impact sur l'environnement
- ▶ Bilan énergétique dans le sol
- ▶ Profil des besoins énergétiques

## **EXIGENCES D'INTÉGRATION**



## Distribution à une température adaptée

- ▶ Chauffage basse température
- ▶ Refroidissement haute température

## Intégration hydraulique

- ▶ Echangeurs de chaleur très performants
- ▶ Systèmes fermés – glycol
- ▶ Systèmes ouverts – pas de glycol

## Utilisation de pompes à chaleur adaptées

- ▶ Pas de batteries froides qui sont uniquement commandées sur le froid
- ▶ Prestations performantes (sur base de EN14511)

## Particularités des systèmes de source ouverts

- ▶ Source chaude doit rester chaude
- ▶ Source froide doit rester froide
- ▶ Bon fonctionnement en pleine charge et en charge partielle
- ▶ Bonnes protections de la source nécessaires





# MERCI DE VOTRE ATTENTION



Hans HOES

Rauwelkoven 87B

2440 Geel

014/49.99.13

[hanshoes@terra-energy.be](mailto:hanshoes@terra-energy.be)

