

# Séminaire Bâtiment Durable



## POMPES À CHALEUR OPPORTUNITÉS & CONTRAINTES EN MILIEU URBAIN

**Pompes à chaleur géothermiques**

*Retour d'expérience*

17 novembre 2023

Sébastien BELPAIRE

0473 43 01 50

INGENIUM  GROUP



# PRÉSENTATION DE L'ORATEUR

Sébastien Belpaire est ingénieur et occupe actuellement le poste de Customer Experience Manager au sein du bureau d'études Ingenium. Spécialisés dans la conception et l'optimisation des propriétés physiques du bâtiment et des installations techniques de projets de construction et rénovation, leur objectif est la neutralité carbone des bâtiments.

Pour plus d'informations : <https://www.ingenium.be/fr/accueil>

Cette conférence propose un focus sur les pompes à chaleur géothermiques. Après une courte présentation de leur fonctionnement, le groupe Ingénium exposera des retours d'expériences sur toute une série de projet d'installation de PAC géothermiques qu'ils ont menés dans différentes configurations.



# PLAN DE L'EXPOSÉ

I. Acteurs

II. Eau : opportunités et limites

III. Retours d'expériences

IV. Avis **INGENIUM**  **GROUP**



# I. ACTEURS

- Autorités BXL => infrastructures
- Propriétaire => site
- Bureaux conseils => équipes et relations



# I. ACTEURS

Autorités bruxelloises

## Infrastructures

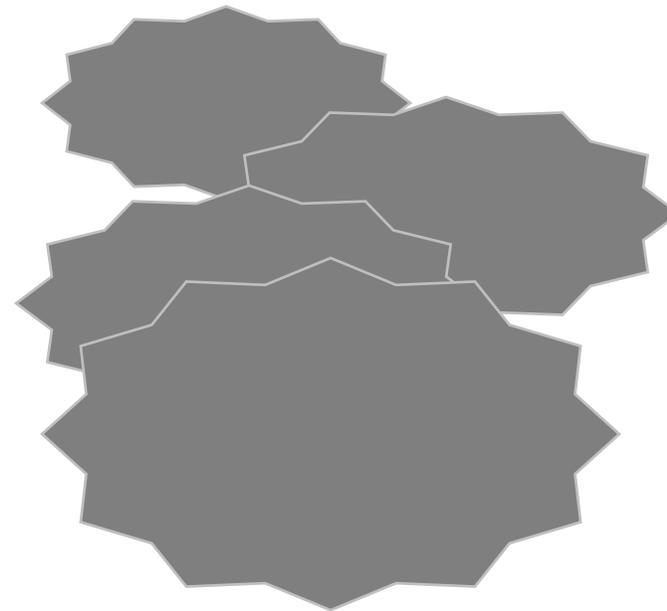
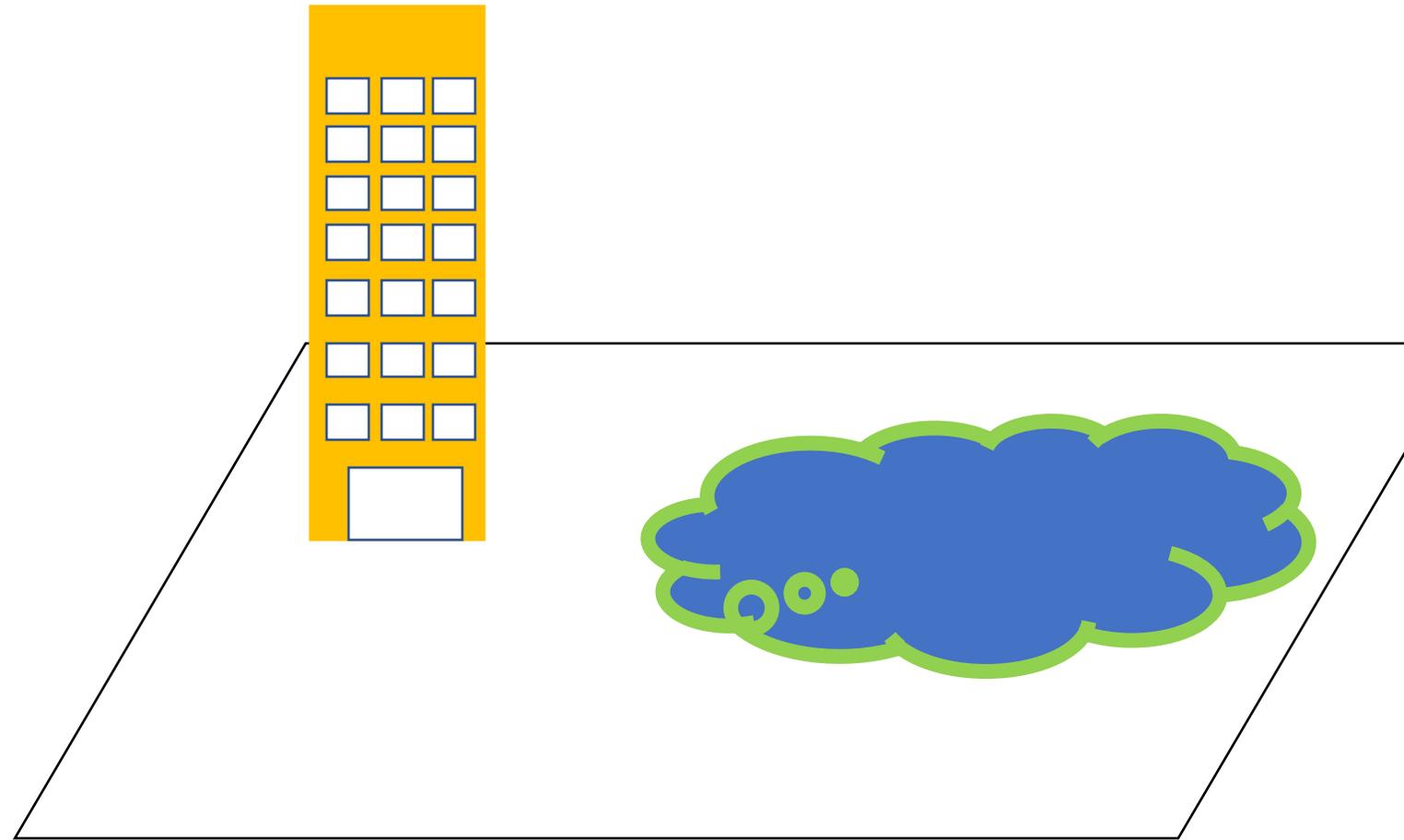
- ▶ Gaz
  - Naturel
  - H<sub>2</sub>
- ▶ Electricité
- ▶ Eau



# I. ACTEURS

## Propriétaire

- ▶ Site déjà construit ?
- ▶ Eau de surface?
- ▶ Surface au sol non bâtie?
- ▶ Type de sol?

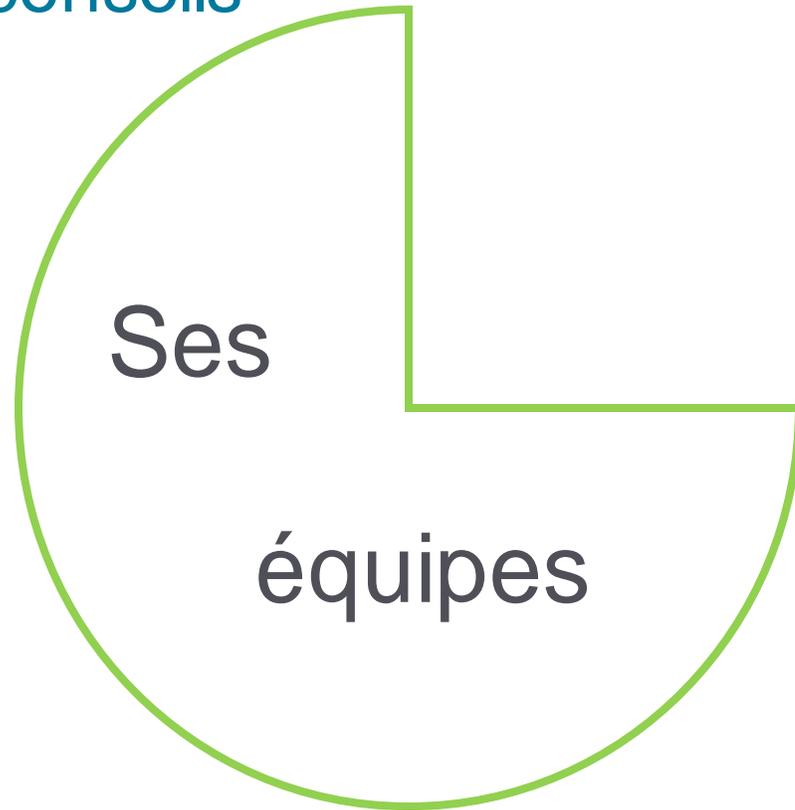


–<https://geodata.environnement.brussels/client/brugeotool/home>



# I. ACTEURS

Bureaux conseils



TECHNOLOGIES





## II. EAU: OPPORTUNITÉS ET LIMITES

- Limites:

- ▶ Disponibilité très relative => Préservons l'eau !
- ▶ Gel à 0°C

- Opportunités:

- ▶ T° naturelle Eau / Air

	EAU Sous-sol	EAU Surface	AIR
Eté	10 à 12°C	10 à 12°C	=> 35°C
Hiver	10 à 12°C	0°C	-8°C <=

- ▶ ...



## II. EAU: OPPORTUNITÉS ET LIMITES

- Opportunités:

- ▶ T° naturelle / Air: (voir ci-avant)
- ▶ Echange thermique:
  - Air = Isolant
  - Eau = Bon conducteur
- ▶ Capacité calorifique de l'eau est énorme:
  - Air: +/- 1,0 kJ/kg .°C
  - Eau: +/- 4,18 kJ/kg.°C

=> On se brule facilement !

=> Fait beaucoup avec peu !!

=> Stockage !!!



## II. EAU: OPPORTUNITÉS ET LIMITES

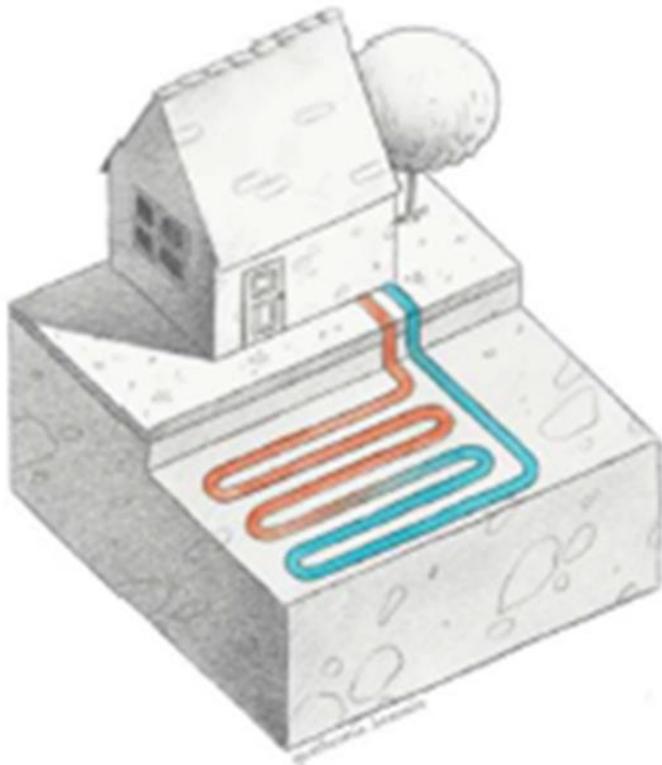
- Sources « disponibles »
  - ▶ Eaux de surface: rivières et étangs
  - ▶ Géothermie: ouverte/fermée: surface/moyennes/profonde
  - ▶ Riothermie
    - Egouts
    - Eaux grises
  - ▶ Réseaux de chaleur

# II. EAU: OPPORTUNITÉS ET LIMITES

- Géothermie:

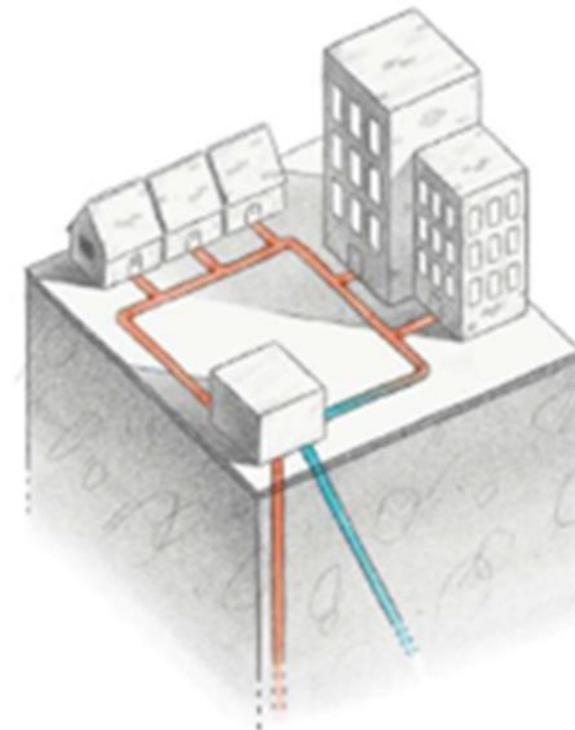
## GÉOTHERMIE DE SURFACE (<5m)

- Horizontale ou en spirale collectionneurs
- Système fermé
- Bâtiment résidentiel



## GÉOTHERMIE PROFONDE (>1000m)

- Forage vertical
- Système ouvert
- Réseaux de chaleur, les centrales électriques

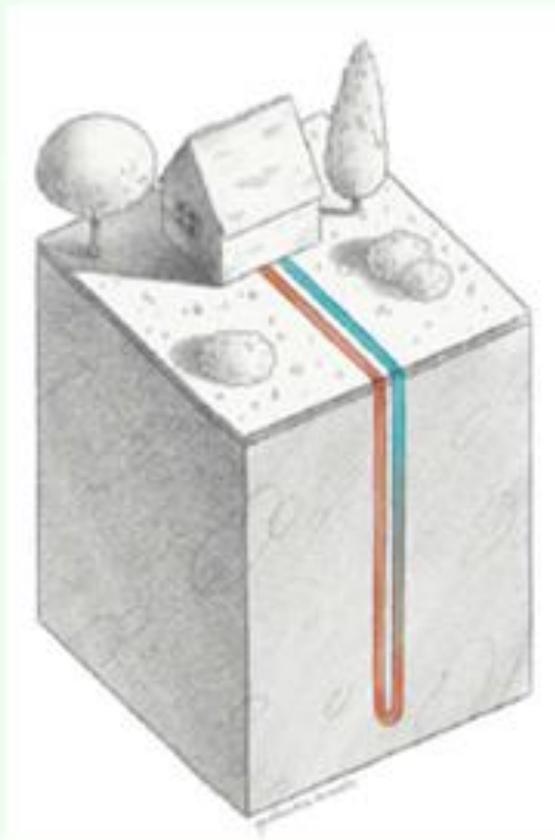


## II. EAU: OPPORTUNITÉS ET LIMITES

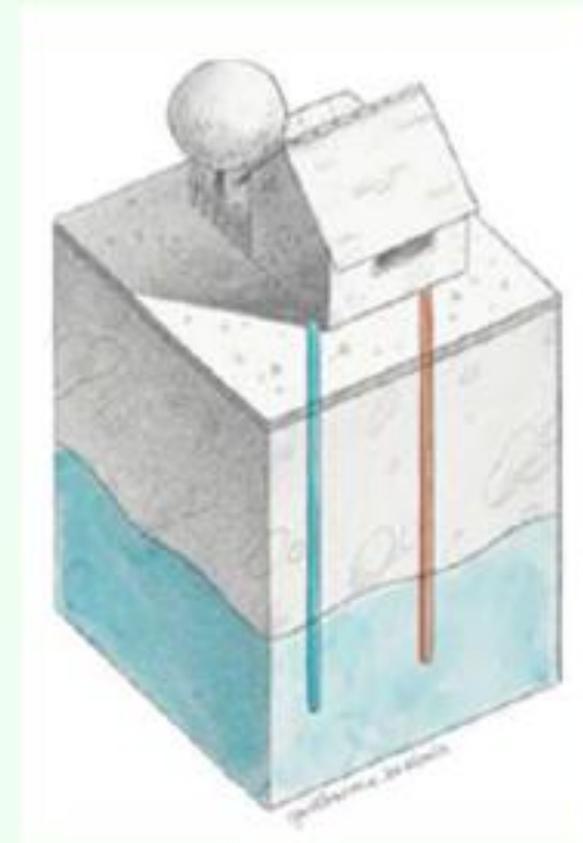
- Géothermie:

### L'ÉNERGIE GÉOTHERMIQUE À FAIBLE PROFONDEUR (50-300m)

- **Forage vertical** – moins de surfaces nécessaire ;
- Plus couteux ;
- **Meilleur rendement** que le système de surface ;
- Système **fermé OU ouvert**
- Pour Bureaux, logements, ...



**SYSTÈME  
FERME**



**SYSTÈME  
OUVERT**



## II. EAU: OPPORTUNITÉS ET LIMITES

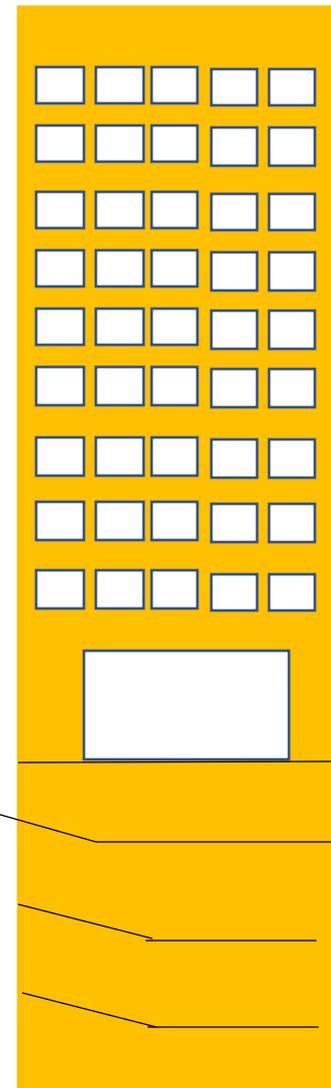
Toujours en bas !!!

► Avantages:

- étages nobles libres
- moins de bruit
- proximité du sol

► Inconvénient:

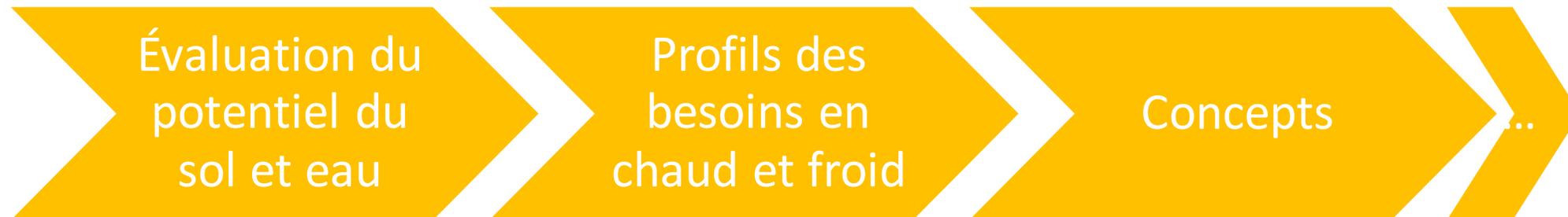
- Inflammabilité des fluides!





# II. EAU: OPPORTUNITÉS ET LIMITES

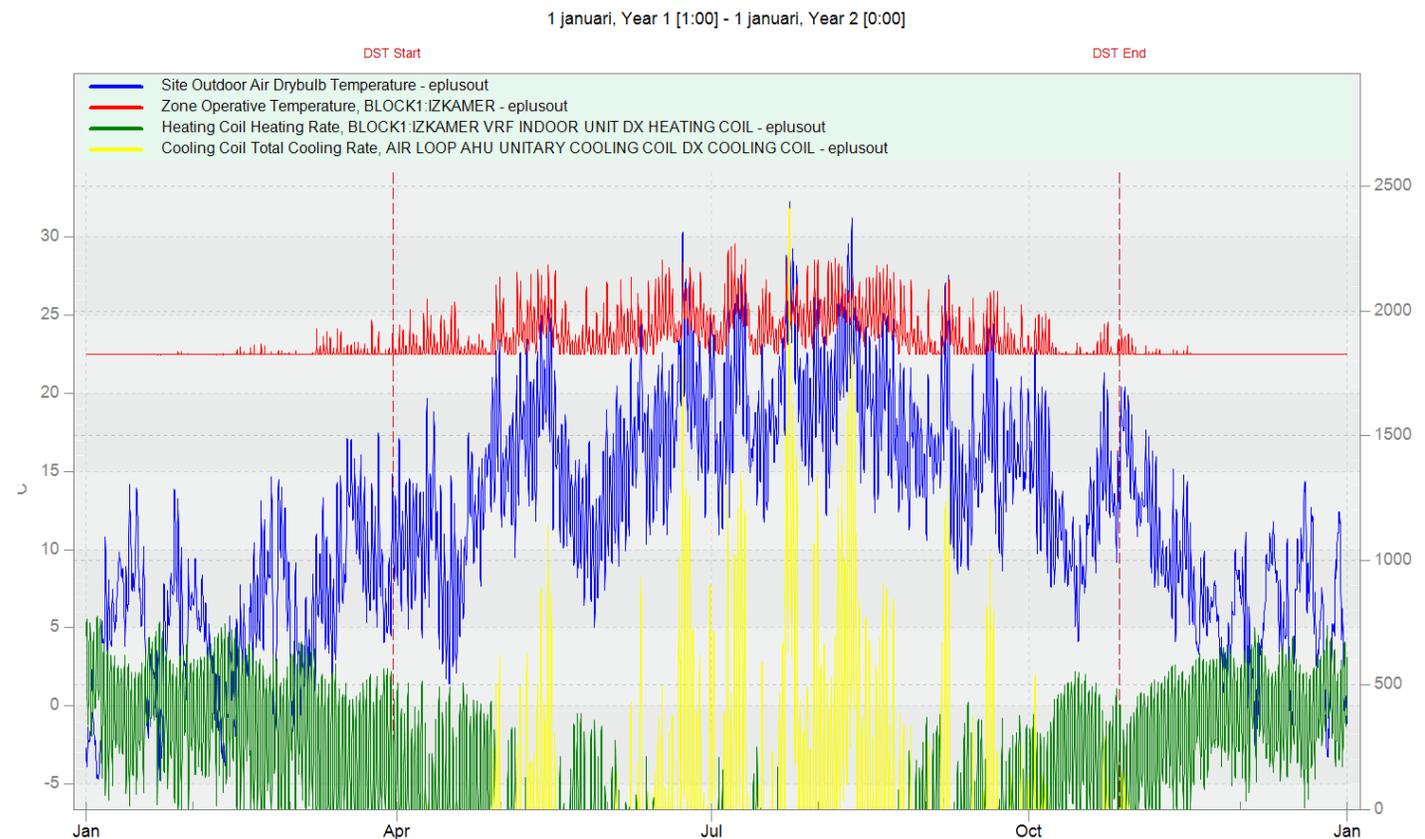
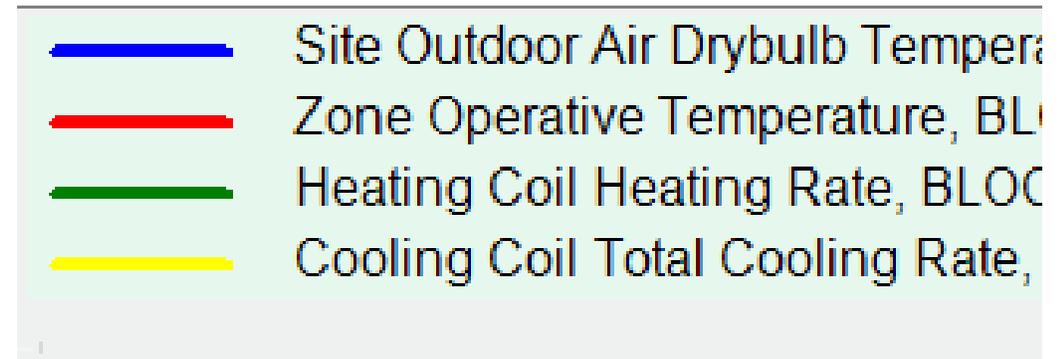
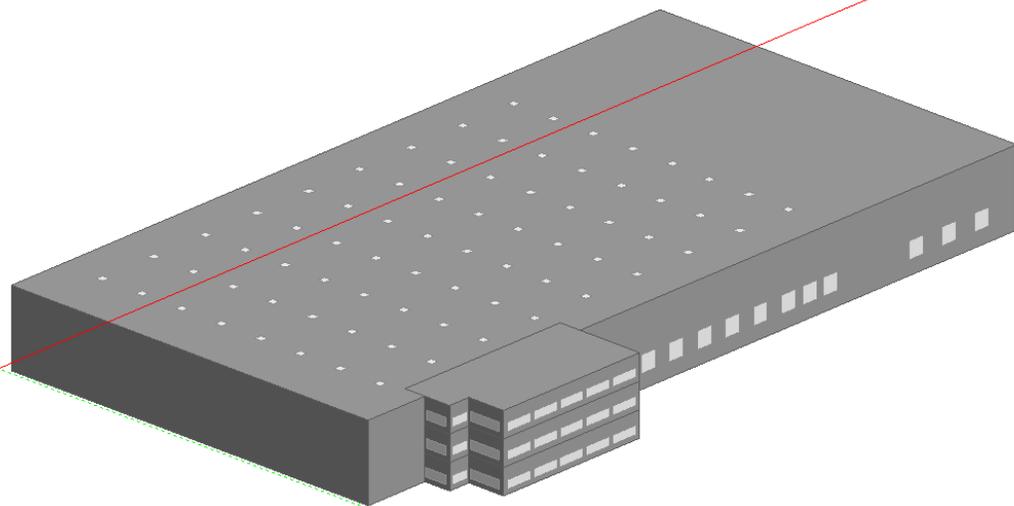
- Etapes:





# II. EAU: OPPORTUNITÉS ET LIMITES

- Bâtiment existant: analyse des profils réels
- Bâtiment neuf: simulation dynamique

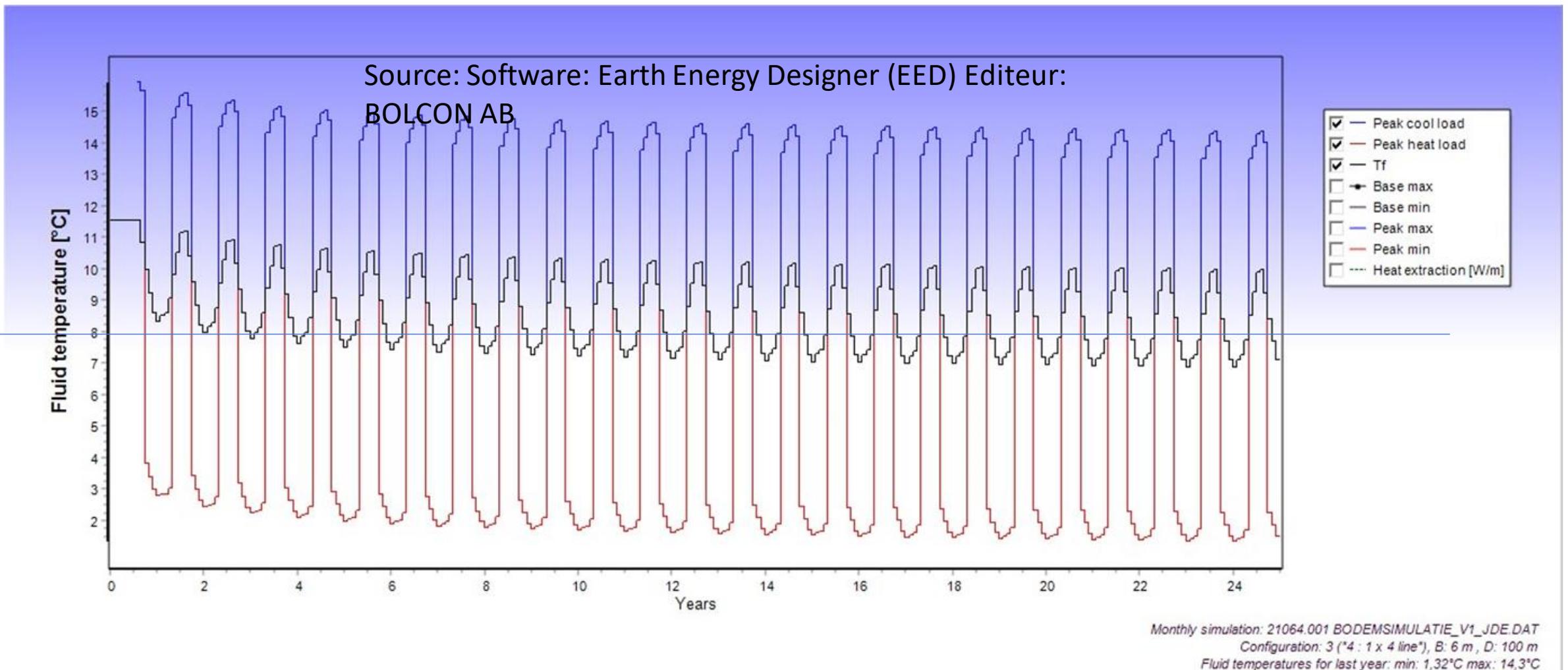




# II. EAU: OPPORTUNITÉS ET LIMITES

- Simulation dynamique de réponse du sol sur 25 ans:
  - ▶ Petite variation de  $T^\circ$  en 25 ans:  $10^\circ\text{C} \Rightarrow 8,5^\circ\text{C}$
  - ▶ A suivre en exploitation!

- Peak cool load
- Peak heat load
- $T_f$





# III. RETOURS D'EXPÉRIENCES

- Eaux de surface
- Géothermie
- Stockage saisonnier
- Réseaux de chaleur
- Riothermie



# III. RETOURS D'EXPÉRIENCES

- Eaux de surface:
  - ▶ Étang KBC Leuven
  - ▶ Résultat ???





# III. RETOURS D'EXPÉRIENCES

- Géothermie:
  - ▶ Outil Brugeo tool BXL



5 km



# III. RETOURS D'EXPÉRIENCES

- Géothermie:
  - ▶ Fermée, > 50 projets Ingenium
  - ▶ Photo Geo-green:  
paire de boucle en géothermie fermée





# III. RETOURS D'EXPÉRIENCES

- Géothermie:
  - ▶ Ouverte
    - « Schlumberger »

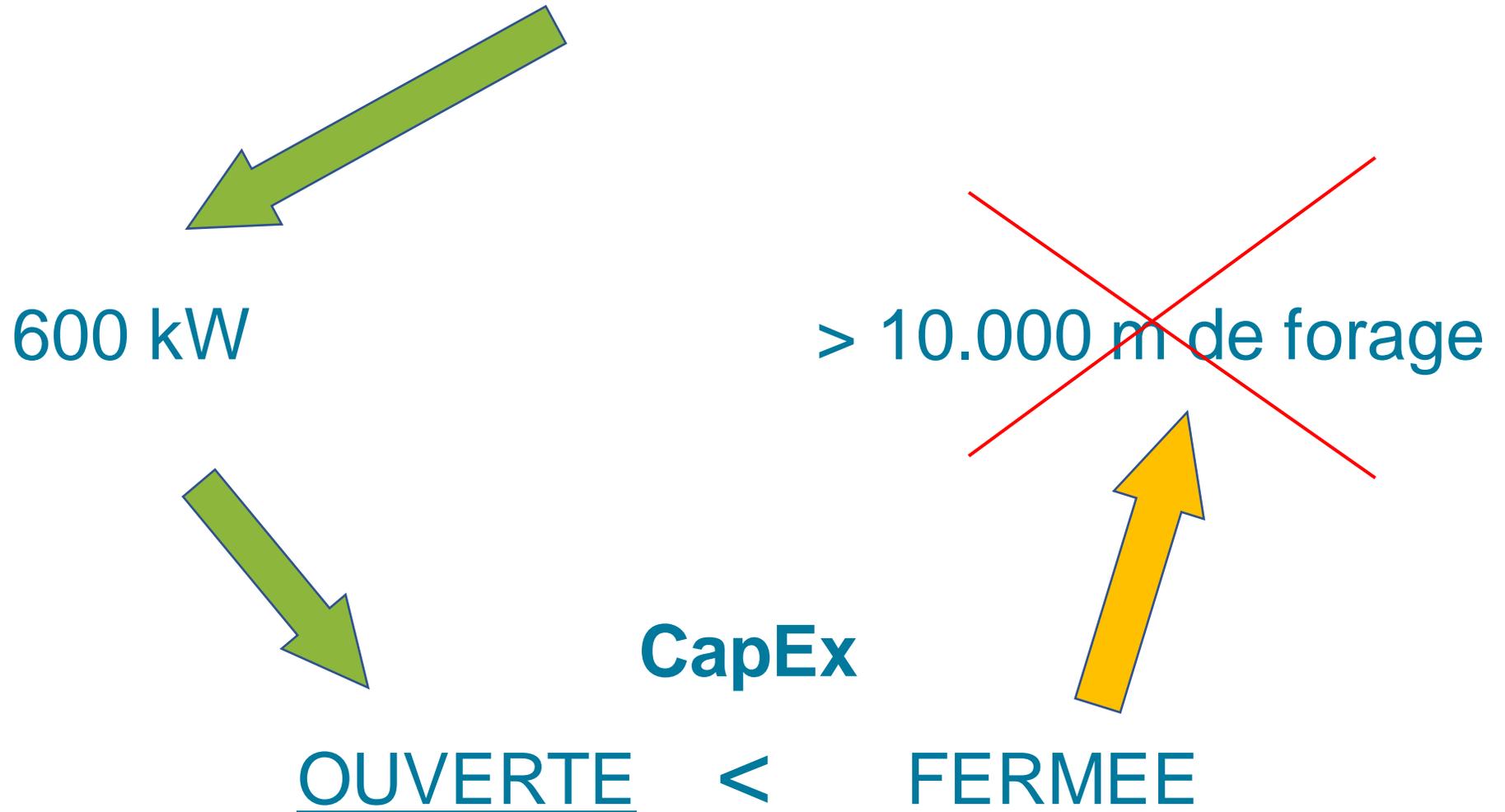


Source: Google Earth



# III. RETOURS D'EXPÉRIENCES

- Géothermie: Bruxelles
  - ▶ Une seule paire en forage test « Schlumberger »: +/- 70m<sup>3</sup>/h de débit d'eau



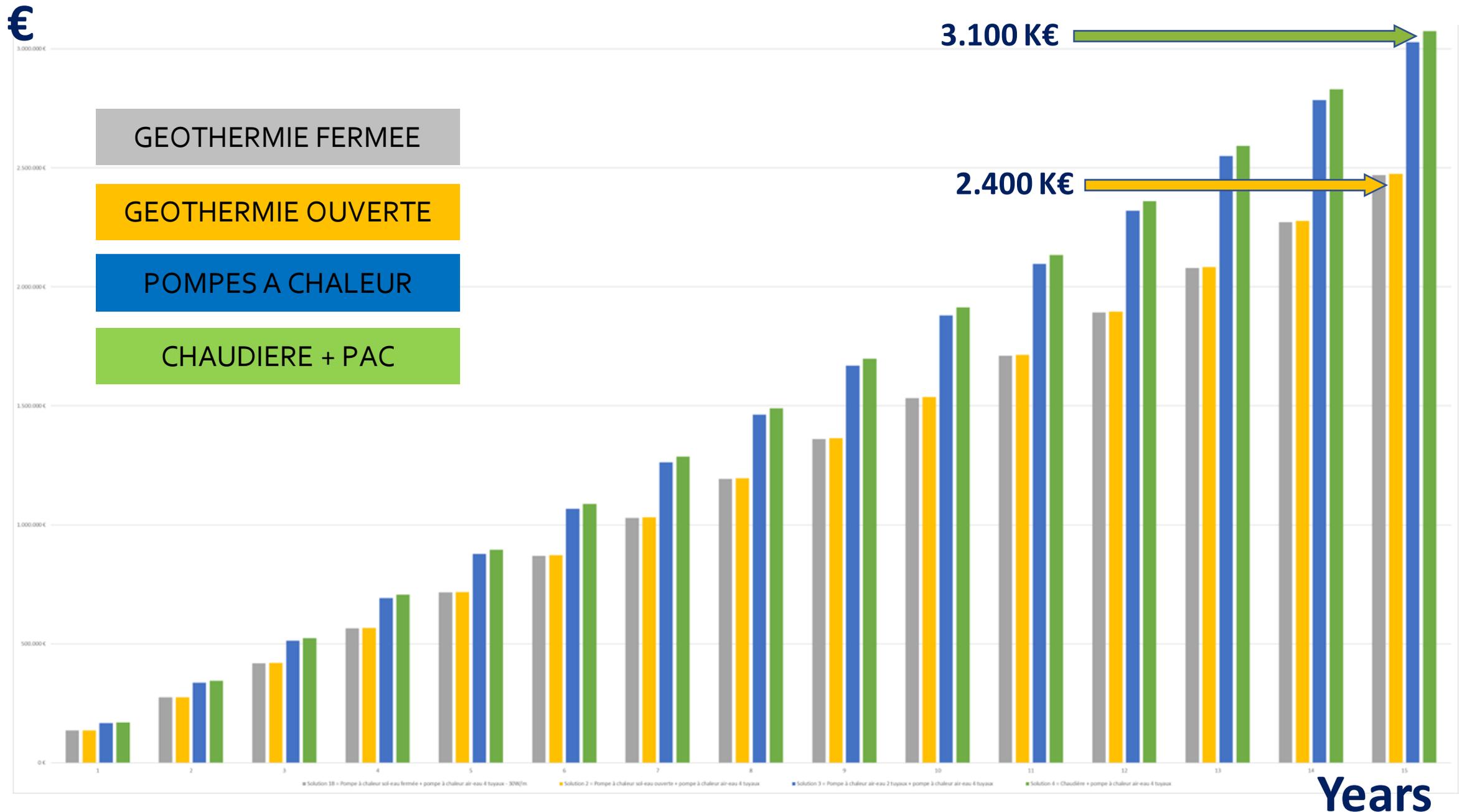


# III. RETOURS D'EXPÉRIENCES

## OpEx (Operational Expenditures)

- Géothermie:
  - ▶ Ouverte
  - « Schlumberger »

Evolution du coût total des consommations pour l'acquéreur sur 15 ans (2021)



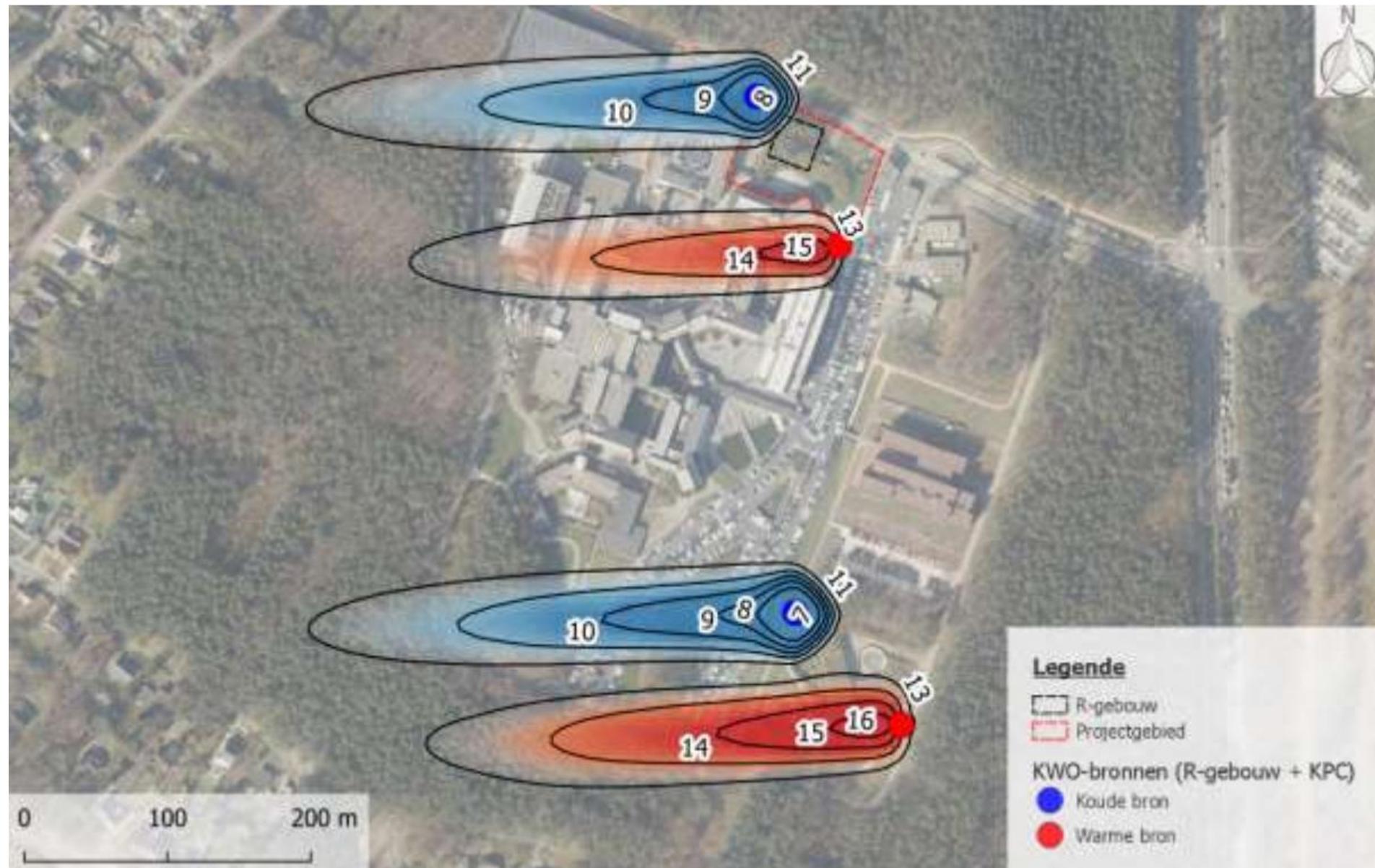


# III. RETOURS D'EXPÉRIENCES

- Géothermie: GENK

- ▶ Ouverte

- ZOL Rmini (Ref: 18098.003)
- Hôpital Oost-Limburg
- Etude hydrogéologique => une seule paire OK : 30m<sup>3</sup>/h , besoin 340 KW max chauffage
- Actuellement en service





# III. RETOURS D'EXPÉRIENCES

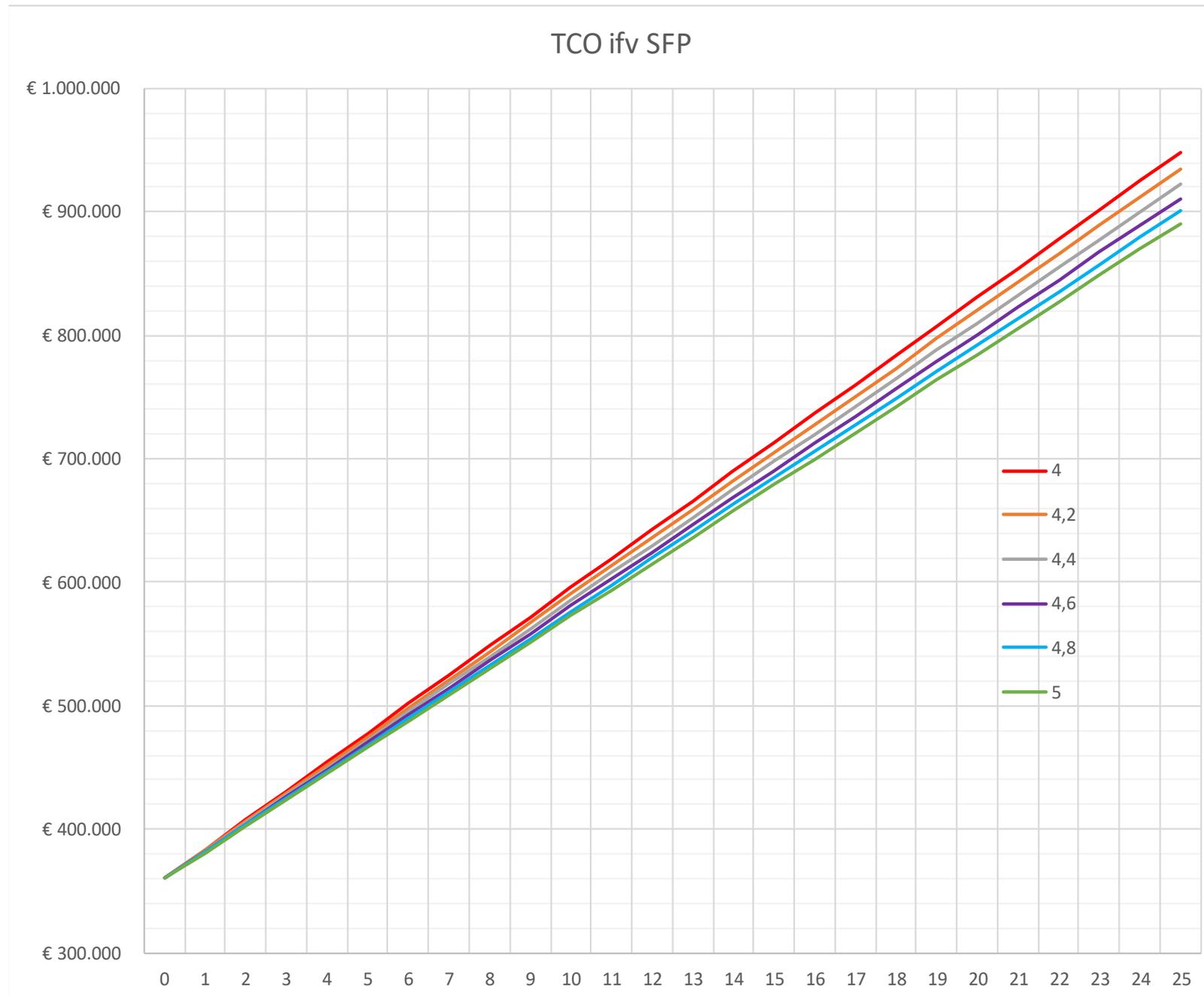
- Géothermie: GENK

## Raming/simulatie

investeringskost	€	360.000	
onderhoudskost per jaar	€	12.000	
verwarming per jaar		280	MWh
koeling per jaar		140	MWh
SFP minimum		4	
Kost Elektriciteit		110	EUR/MWh

alle prijzen zijn exclusief BTW

Variation du TCO  
(Total Cost of Ownership)  
en fonction du coefficient  
de performance saisonnier





# III. RETOURS D'EXPÉRIENCES

- Géothermie: Bruxelles
  - ▶ Ouverte
    - Bruxelles Environnement (IBGE)/ Gare Maritime/ UpSite/...



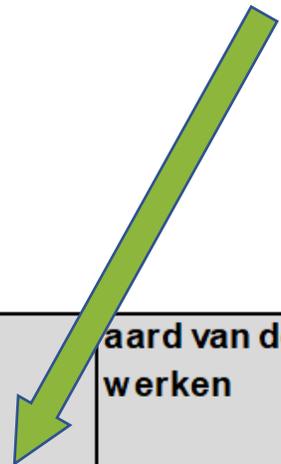


# III. RETOURS D'EXPÉRIENCES

## • Géothermie: LEUVEN

- ▶ Ouverte
  - Resiterra (Ref13036.001/2/3)

> 10 Phases



bouw fase	aard van de werken		bestemming	vloer oppervlakte m <sup>2</sup>	warmtebehoefte		koelbehoefte MWh/jaar
	renovatie	nieuwbouw			ruimte MWh/jaar	SWW MWh/jaar	
fase 1	x		residentieel	2.872	86	43	14
fase 3a		x	residentieel	11.715	234	176	59
fase 5	x		cultuur	344	82	0	3
fase 7		x	residentieel	8.973	179	135	45
fase 8a	x	x	residentieel	6.680	134	100	33
fase 2	x	x	kantoor + labo	12.209	610	0	610
fase 3b	x		residentieel	2.847	85	43	14
fase 6b	x	x	WZC	11.096	675	166	222
fase 8b	x	x	residentieel	15.389	410	231	77
fase 4	x	x	resid. + cult.	18.456	579	184	92
fase 6a	x	x	residentieel	12.570	286	189	63
<b>totaal</b>			(-)	<b>103.151</b>	<b>3.360</b>	<b>1.267</b>	<b>1.232</b>

Source:

Promoteur: Resiterra

Masterplan

ARCH: 360 architecten et

De Gregorio architecten



# III. RETOURS D'EXPÉRIENCES

- Géothermie: GEEL, hôpital psychiatrique en activité

- ▶ Ouverte

- OPZ (Ref: 19105.061): 3 géothermies en exploitation

- Comparaison des alternatives techniques

1. PAC centralisée

ROI = 18 ans

2. PAC décentralisées de grande capacité

ROI = 12 ans

3. PAC grand nombre décentralisées de faible capacité ROI= 30 ans



# III. RETOURS D'EXPÉRIENCES

- Géothermie: GEEL

- ▶ Stratégie « Carbon Zero »
- ▶ Etude de faisabilité => Plan d'action

## 1. Actions

- Isoler l'enveloppe
- Récupération de chaleur sur la ventilation

## 2. Réduction de T° par zone (max. 45 °C)

## 3. PAC sur géothermie là ou c'est possible

- = stockage de chaleur saisonnier

## 4. PAC air/eau en appoint

- Production d'électricité verte
- ...



# III. RETOURS D'EXPÉRIENCES

- Stockage saisonnier:

- ▶ Puissances Chaud/Froid (kW)



- ▶ Besoins annuels (kWh)



- ▶ Equilibre Chaud/Froid (kWh)



- ▶ Capacité de stockage dans le sol

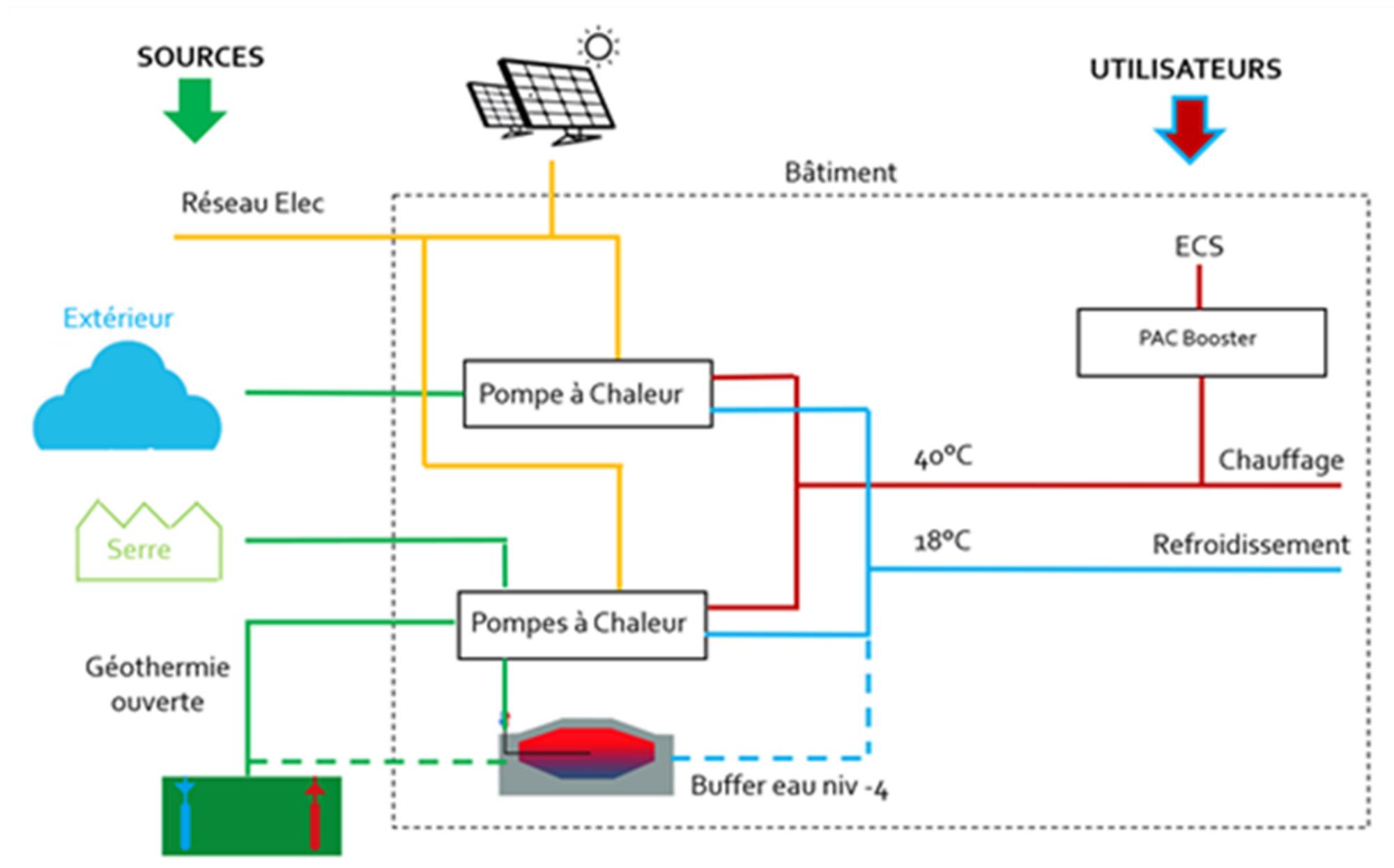


- ▶ Simulation sur la durée de vie



# III. RETOURS D'EXPÉRIENCES

- Stockage saisonnier:
  - ▶ BNP Montagne du Parc
  - ▶ Autres immeubles en cours: 50.000 m<sup>2</sup> => 100.000 m<sup>2</sup>

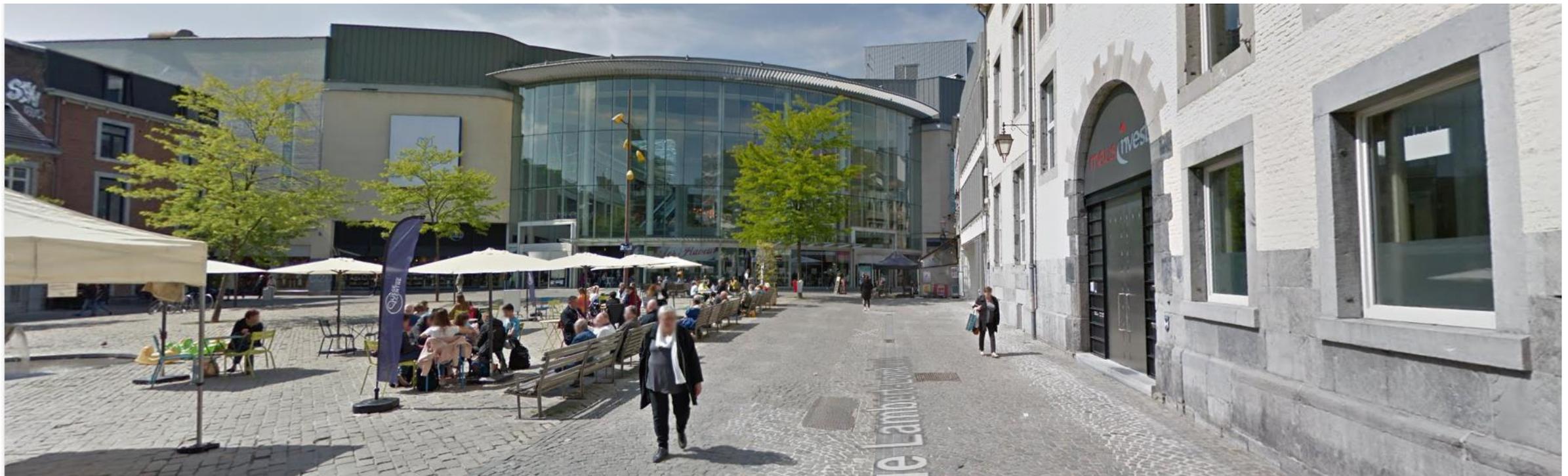


Source: Ingenium Group



# III. RETOURS D'EXPÉRIENCES

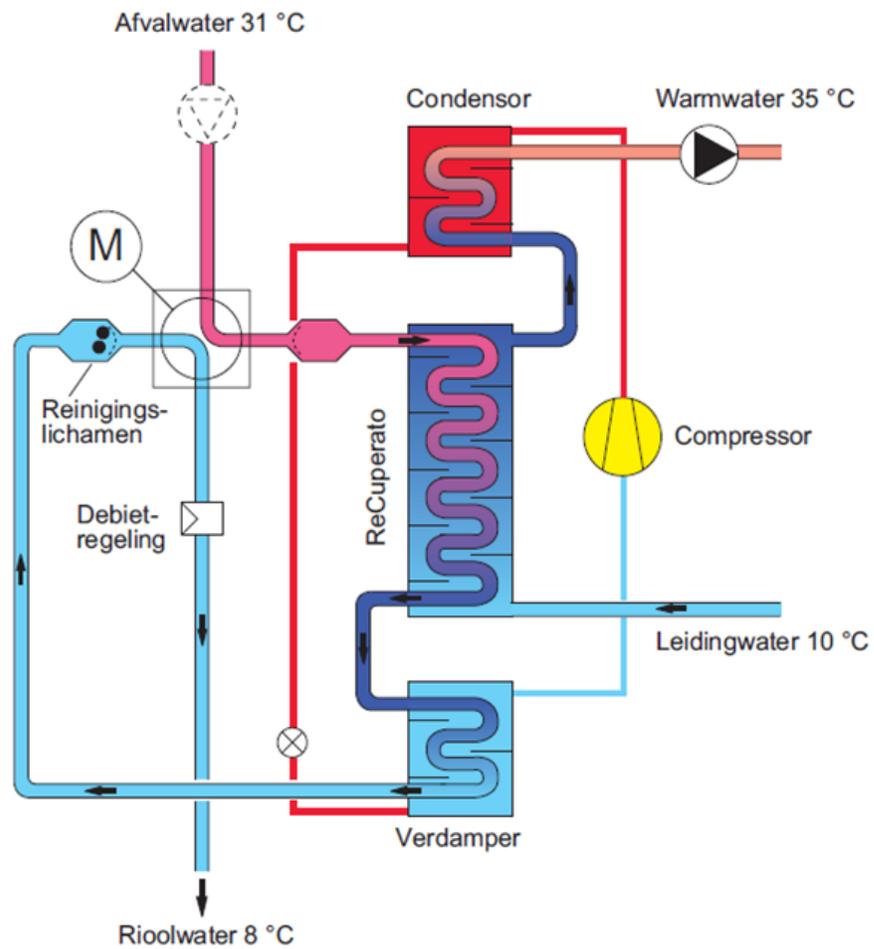
- Réseaux de chaleur:
  - ▶ 1<sup>er</sup> génération:  $T^{\circ} > 200^{\circ}\text{C}$
  - ▶ ...
  - ▶ 5<sup>ème</sup> génération :  $5^{\circ}\text{C} < T^{\circ} > 25^{\circ}\text{C}$ 
    - Shopping centers (Galerie Saint Lambert): 40.000 m<sup>2</sup>



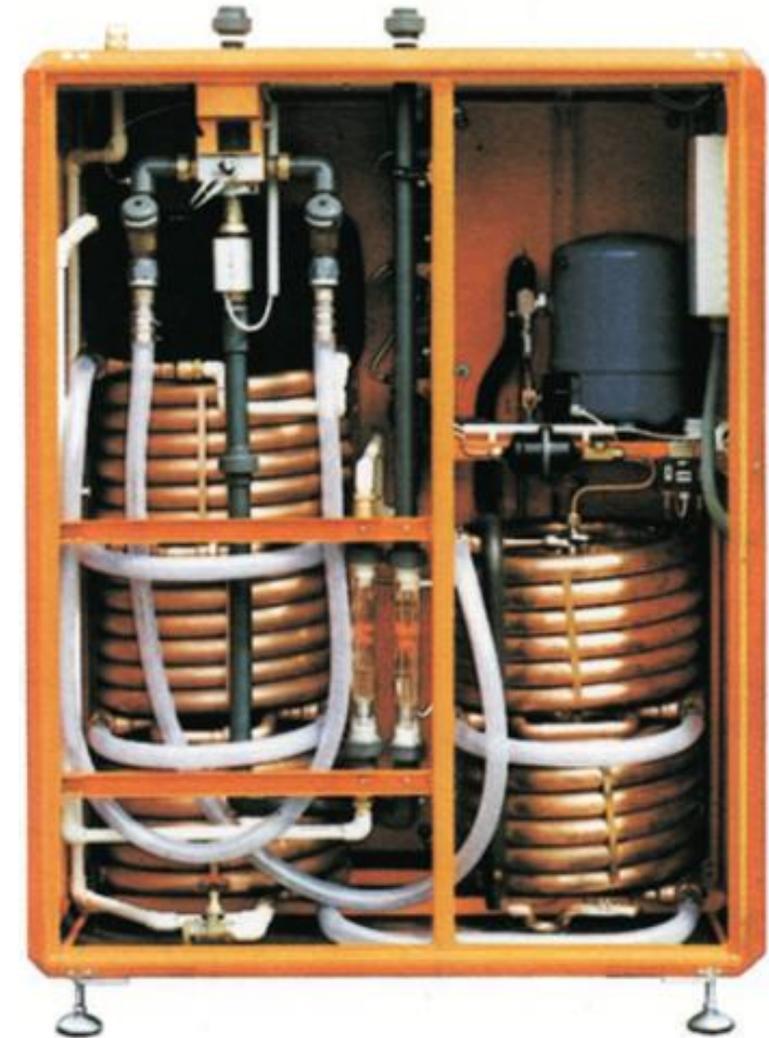


# III. RETOURS D'EXPÉRIENCES

- Riothermie
  - ▶ Eaux grises:
    - Appartements
    - Piscines: De Nekker Mechelen (Réf: 10 004.001)



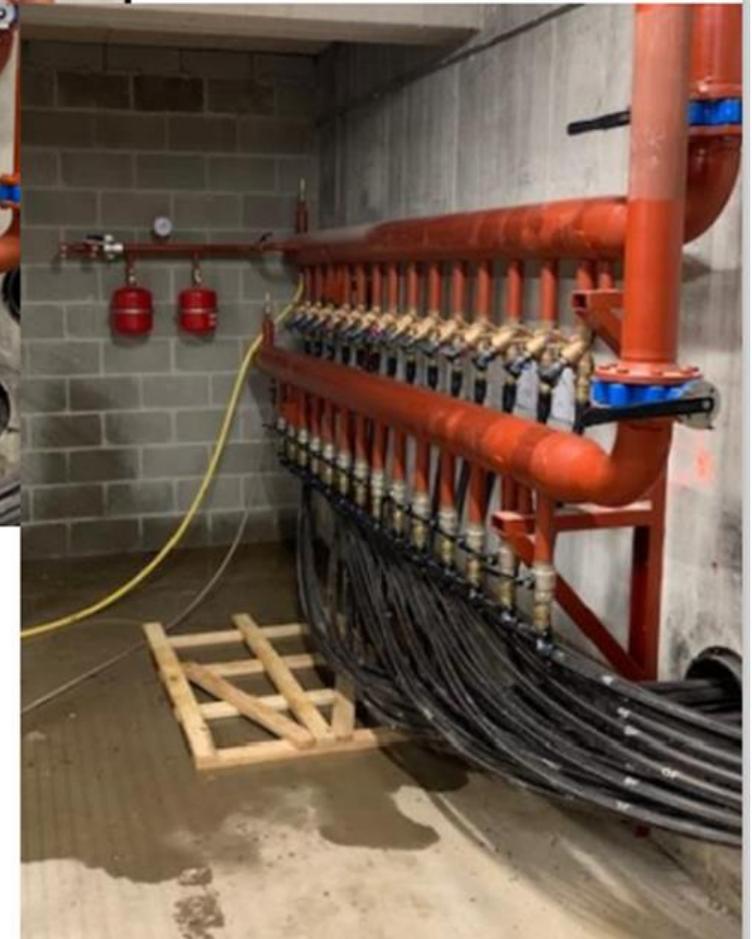
Source: Menerga





# III. RETOURS D'EXPERIENCES

- Riothermie
  - ▶ Egouts: Vivaqua





# III. RETOURS D'EXPÉRIENCES

- Riothermie
  - ▶ Egouts / Senne





# IV. AVIS INGENIUM GROUP

## Outil de comparaison des concepts

Concepts		Carbon free				
		1	2 (référence)	3	4	5
Chaleur		Chaudière	PAC air-eau (rév.)	PAC eau/eau BTES	PAC eau/eau ATES	PAC eau/eau pile
			Chaudière	PAC air/eau	PAC air/eau	PAC air/eau (rév.)
ECS		Chaudière	Chaudière	PAC booster	PAC booster	PAC booster
Froid		Machine frigo	PAC air/eau (rév.)	Free cooling	Free cooling	Machine frigo
Stockage		Néant	Néant	BTES	ATES	Buffer (sous-sol)
CAPEX (€)	€	250.000	250.000	760.000	570.000	510.000
OPEX (€/an)	€/an	151.000	116.000	129.000	125.000	131.000
CO2 (t-eq/an)	t-eq/an	<b>217</b>	<b>144</b>	<b>59</b>	<b>59</b>	<b>61</b>
Plus value	€/m <sup>2</sup> par an	-5	0	10	10	10
	€/an	-130.420	0	260.840	260.840	260.840
Gains	OpEx %	-30%	0	-11%	-8%	-13%
	CO <sub>2</sub> %	-51%	0	59%	59%	58%



# IV. AVIS INGENIUM GROUP

Valeur IMMO

Certification

« Zero Carbon »

Investissement

OSER la  
Technologie

Pari sur le  
futur

Etapes pour  
valoriser  
votre  
patrimoine!



## IV. AVIS INGENIUM GROUP

### Avantages de l'eau:

- Gain espace noble
  - Eau > Air
  - Confort estival
  - PEB & CO2
  - Entretien centralisé
  - Réseau de chaleur => transfert énergétique vers des fonctions mixtes
- => Valeur stable d'un Asset**

### Inconvénients de l'eau:

- CaExp
- Pilotage de la géothermie ouverte
- Permis
- Planning



# CE QU'IL FAUT RETENIR DE L'EXPOSÉ

1. L'eau du sol offre les meilleurs rendements énergétiques
2. Puissance potentielle très importante en géothermie ouverte
3. Faites-vous assister dans vos choix:
  - Utilisez des outils de comparaison des concepts
  - Solutions:
    - Au cas par cas
    - Solutions mixtes souvent nécessaire



# CONTACT

## Sébastien Belpaire

### *Customer Experience Team*

#### Coordonnées

Tél : 0473 43 01 50

E-mail : [sebastien.belpaire@ingenium.be](mailto:sebastien.belpaire@ingenium.be)

Ingenium Group

<https://www.ingenium.be/en>

INGENIUM  GROUP



bruxelles  
environnement  
leefmilieu  
brussel  
.brussels 