

FORMATION BATIMENT DURABLE

POMPE À CHALEUR : CHOIX ET CONCEPTION

AUTOMNE 2022

Retour d'expérience d'un foreur
La géothermie

Jacques Vercruyse





- ▶ Déterminer les éléments déterminant la qualité d'un forage géothermique
- ▶ Parcourir les aspects pratiques d'un forage
- ▶ Discuter des développements futurs



INTRODUCTION

FACTEURS DÉTERMINANTS

LA GÉOTHERMIE URBAINE

AVANCÉES RÉCENTES



Geo-Green sprl

- Entrepreneur enregistré :
 - Cherchant à professionnaliser le dimensionnement d'un champ de sondes en tenant compte :
 - De la géologie & hydrogéologie locale ;
 - De calculs scientifiques.
 - Effectuant de nombreuses mesures de conductivité in situ (TRT) permettant :
 - D'infirmer ou confirmer les calculs empiriques ;
 - D'établir une banque de données sur la Wallonie et Bxl



Geo-Green sprl

- Participation aux programmes de recherche européens suivants :



- CHEap and Efficient APplication of reliable Ground Source Heat Exchangers and PumpS
- 2015 – 2019
- Consortium regroupant 17 participants de 8 pays EU + Suisse

– **GEO4CIVHIC**

- Most easy, efficient and low cost GEOthermal systems for retrofiting CIVil and HIstorical Buildings
- 2018 – 2023
- Consortium regroupant 19 participants de 8 pays EU + Suisse



INTRODUCTION

FACTEURS DÉTERMINANTS

- ▶ **Géologie & hydrologie**
- ▶ **Forage**
- ▶ **Diamètre de forage**
- ▶ **Sondes**
- ▶ **Remplissage annulaire**
- ▶ **Liaisons horizontales**
- ▶ **Fluide colporteur**
- ▶ **Collecteur**
- ▶ **Dimensionnement/Garantie**

LA GÉOTHERMIE URBAINE
AVANCÉES RÉCENTES

Facteurs déterminants

Géologie & Hydrogéologie

Etude géologique
Etude hydrogéologique
Etablir un profil
Etablir les risques

Sources :

- Cartes
- SGB
- Expérience
- Mesure (TRT)

Type de sol	Puissance d'extraction (W/m)
Sable sec	< 25
Sable saturé	60
Argile sec	25
Argile humide	35
Calcaires	55
Grès	60
Schistes	50
Quartzites	70
Bruxelles / Flandres	40
Ardennes	60



Facteurs déterminants

Forage

Types de forage

- Terrains meubles : forages à l'eau (ex : trilame)
- Terrains rocheux : marteau fond de trou (MFT)
- Mixte avec tubage à l'avancement dans les terrains meubles



Facteurs déterminants

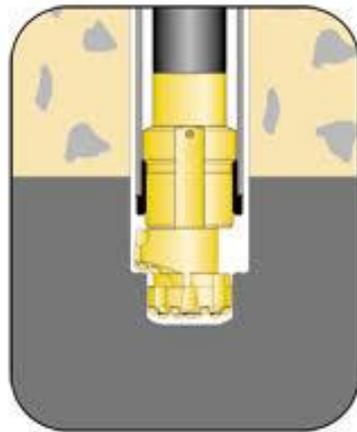
Forage



Facteurs déterminants

Forage

- Forage au tube équipé d'un outil récupérable par câble, type Odex
- Forage avec taillant excentrique permettant la descente du tubage à l'avancement dans la roche



Facteurs déterminants

Diamètre de forage

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

Où

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



Facteurs déterminants

Sondes

Qualité d'un sonde :

- Diamètre de forage le + petit possible
- Rb (résistivité thermique) la + faible possible
- Coefficient de dilatation le + faible possible

Types de sonde :

Types	Diam forage (mm)	Rb °K/(W/m)	Dilatation (mm/m/°)	Efficacité	Sonde oblique
Double U (PE)	120 – 160	0,08 – 0,12	0,020	standard	non
Double U (PE-Xa)	120 - 160	0,08 – 0,12	0,015	standard	non
Coaxiale PE	100	0,06 – 0,12	0,020	+ 5%	oui
Coaxiale Inox	0 – 75 - 90	0,03 – 0,06	0,000015	+ 5 à 20 %	oui

Facteurs déterminants

Sondes



Sonde simple/ double U en HDPE



Facteurs déterminants

Sondes

Sondes double U



Facteurs déterminants

Sondes

Sonde coaxiale



Facteurs déterminants

Remplissage annulaire

Remplissage annulaire :

- Coulis bentonitique pour géothermie prêt à l'emploi
- Gravier dans la zone saturée en Wallonie

Qualité d'un coulis =

- Haute conductivité : entre 1,6 à 4 W/m°K
- Imperméabilité permettant d'isoler les aquifères entre eux

Injection par pompe à coulis de bas en haut



Facteurs déterminants

Liaisons horizontales



Facteurs déterminants

Fluide caloporteur

Différents types de fluide :

- Eau glycolée (chimique ou biodégradable)
- Jus de betterave
- Eau

But recherché:

- Viscosité la plus faible possible pour diminuer les pertes de charge
- Conductivité la plus importante possible
- Produit le moins toxique possible



Facteurs déterminants

Fluide caloporteur

Tableau de comparaison

	Glycol 30%	Eau
Pertes charge	+ 20%	0
Point de congélation	- 15 °C	0°C
Conductivité (W/m°K)	0,483	0,58
Pollution	-/+	+++
Coût	2 à 4 €/l	0 €/l

Précautions en cas d'utilisation d'eau :

- Réglage de la PAC : Delta °T = 3°C
- Débit suffisant => dimensionnement du circulateur
- Dimensionnement adéquat des sondes



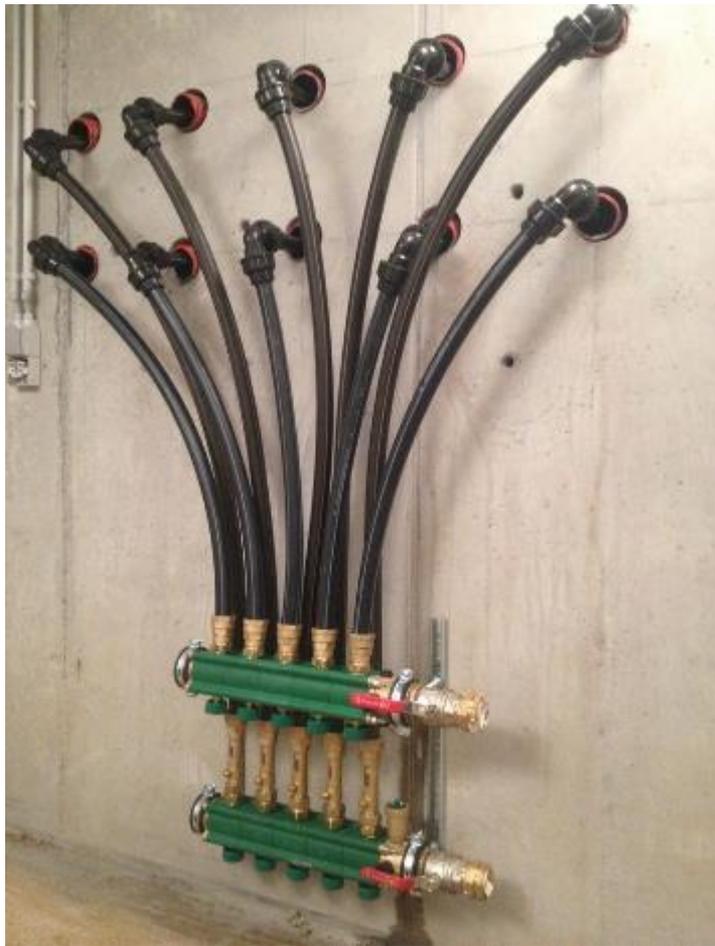
Facteurs déterminants

Collecteur



Facteurs déterminants

Collecteur



A placer par le chauffagiste :

- Un contrôle global du débit (vanne de régulation avec débitmètre type Caleffi)
- Purgeurs au point haut
- Set de remplissage avec manomètre



Facteurs déterminants

Dimensionnement/Garantie

- Possibilité de produire du froid en été ...
- ... et de stocker l'énergie dans le sous-sol pour l'hiver
- ⇒ très important pour le tertiaire
- ⇒ très importants pour les nouveaux immeubles, impactés par la surchauffe

- Réalisation d'un TRT pour garantir le potentiel géothermique ... surtout pour les promoteurs
- Pour les grands bâtiments, bâtiments tertiaires (bâtiments complexes), nécessité de réaliser une simulation numérique sur base des besoins énergétiques et d'un TRT



INTRODUCTION

FACTEURS DÉTERMINANTS

LA GÉOTHERMIE URBAINE

AVANCÉES RÉCENTES



La GEOTHERMIE urbaine

- **Difficultés**

- Accès au terrain parfois impossible depuis la chaussée (maison 2 façades)
- Peu d'espace pour placer le champ de sondes

- **Solutions**

- Mobilisation par grue télescopique
- Forages en oblique



La GEOTHERMIE urbaine



La GEOTHERMIE urbaine



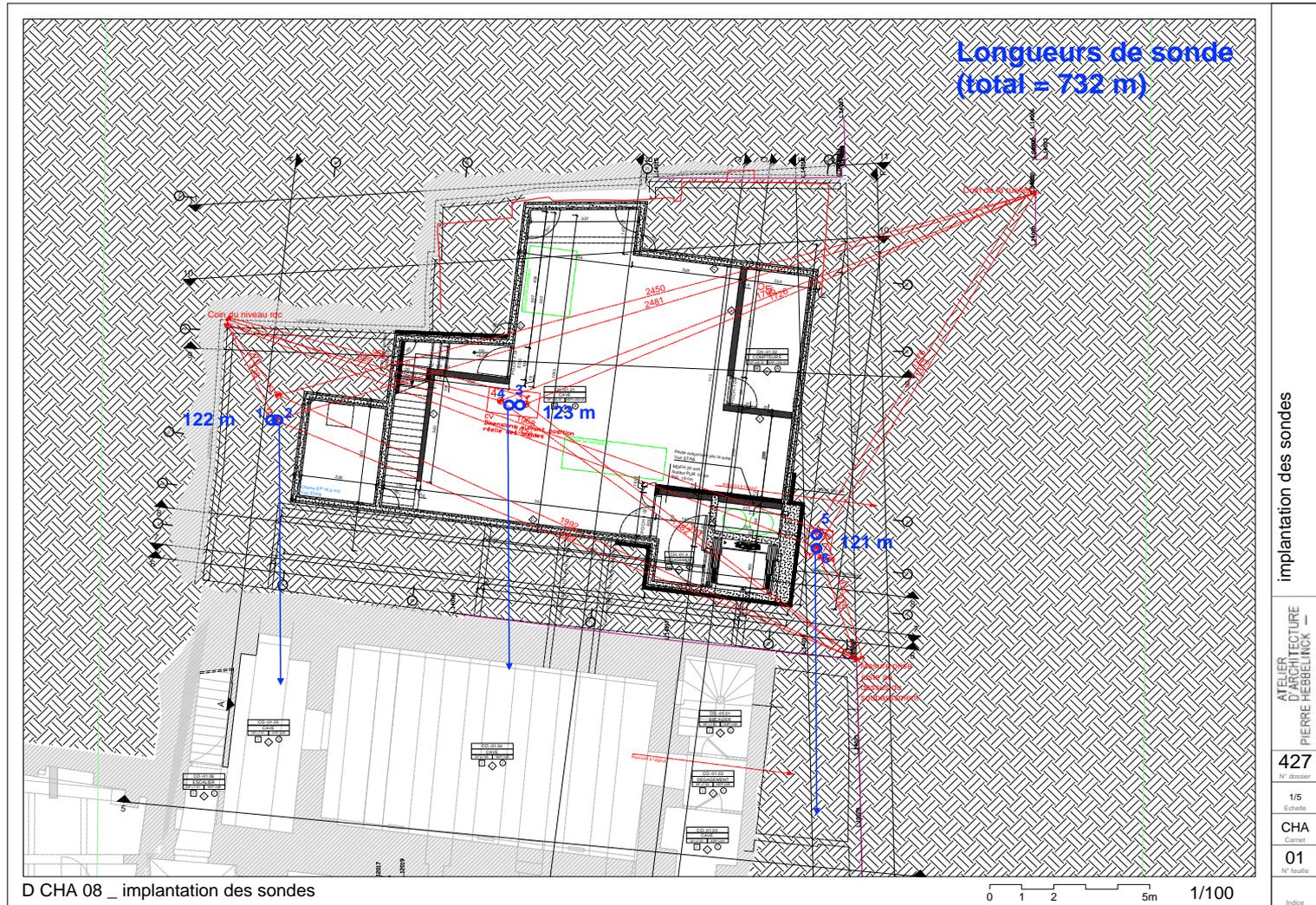
La GEOTHERMIE urbaine



La GEOTHERMIE urbaine



La GEOTHERMIE urbaine



implantation des sondes

ATELIER
D'ARCHITECTURE
PIERRE HEBBELINCK

427

1/5

CHA

01

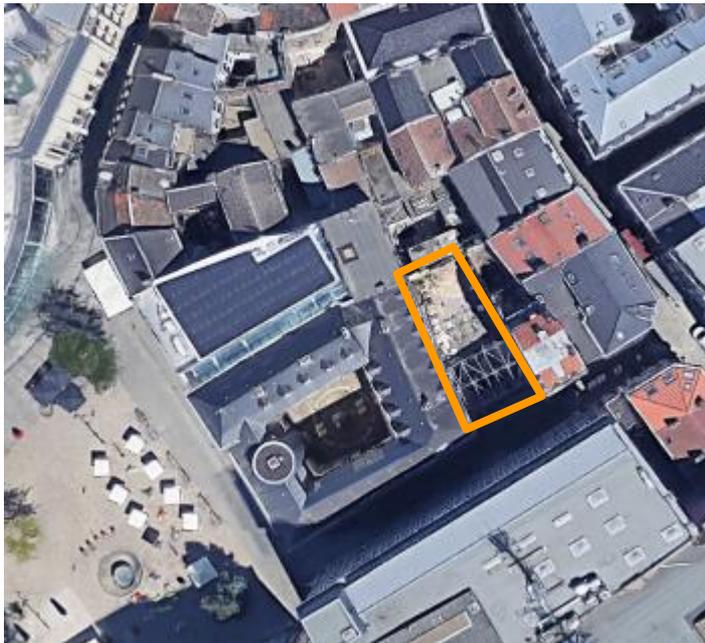
N° feuille

Index



La GEOTHERMIE urbaine

- Points d'attention
 - Accès
 - Terrain enclavé en centre ville, ruelle piétonne étroite
 - » Machines de forage spécifique, compacte



La GEOTHERMIE urbaine

- 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!



La GEOTHERMIE urbaine

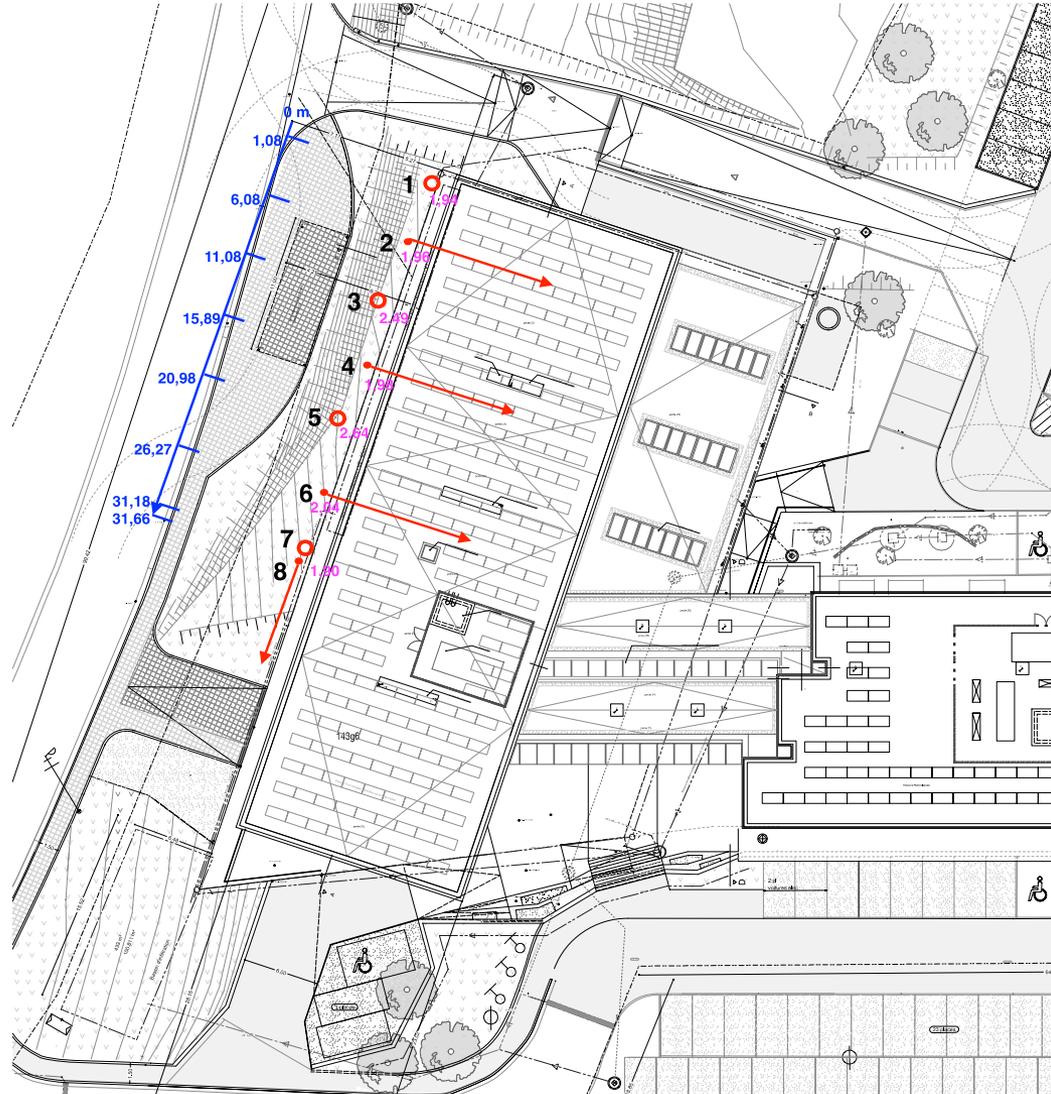
- Points d'attention
 - Intégration architecturale et thermique des chambres de visite pour têtes de sondes
 - » Chambre de visite intégrée sous le paillason encastré de l'entrée!
 - Cave sous le niveau de la Meuse → Gestion de l'étanchéité à l'eau
 - Modification du réseau de liaisons horizontales → 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



La GEOTHERMIE urbaine

Annexe 2

Plan de situation AS BUILD des sondes géothermiques



- égouttage enterré existant
- - - égouttage enterré nouveau
- égouttage aérien existant
- - - égouttage aérien nouveau
- démolitions
- CV - Chambre de visite
- EP - Eau pluviale
- EF - Eau fécale
- EU - Eau usée
- EUF - eaux usées et fécales

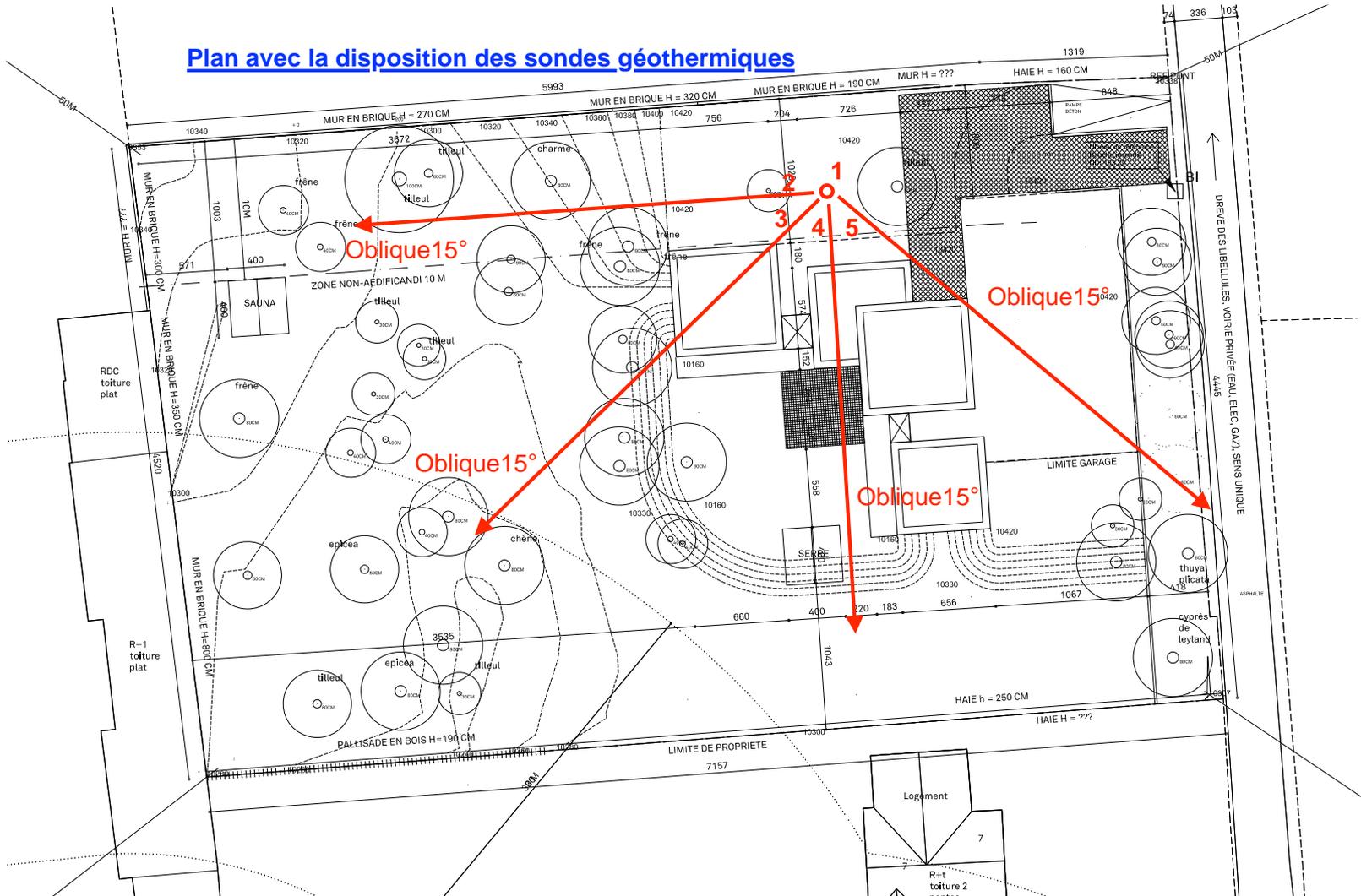
- Sonde verticale
- Sonde oblique à 20°
- 1,08 Distance (m) jusqu'au coin du bâtiment
- 2,64 Distance (m) jusqu'au mur du bâtiment

REGION WALLONNE - Commune de Namur (Wierde)	
SITUATION: 5, Rue du Fort d'Andoy - 5100 Wierde CADASTRE: 23e division - Section A - Parcelle 143G6 & 23e division - Section A - Parcelle 143W5	
Modifications	
E	
D	
C	
B	
A	
Pour accord	
Le Maître de l'Ouvrage	
L'Architecte	
Maître de l'Ouvrage	 Thomas et Piron SA Pascal Delahaut 5, Rue du Fort d'Andoy 5100 Wierde
Architectes	 Synergy International Julie Thirion, architecte 28, Rue des Trois Portes - 1160 Bruxelles Tél: +32 2 640 87 47 - fax: +32 2 648 79 07 julie@synergy-international.com
Ingenieur en techniques spéciales	SIX Consulting & Engineering sa Gérard Maljean 2, rue d'Afon - L - 6399 Windhof +35 2 261 06 21 g.maljean@six-eng.eu
Ingenieur en stabilité	SIX Consulting & Engineering sa Damien Brettnacher 2, rue d'Afon - L - 6399 Windhof +35 2 261 06 21 d.brettnacher@six-eng.eu
PEB	 MATRICIEL Fabrice Derry +32 (0)10 24 15 60 derry@matriciel.be
DOSSIER D'EXECUTION Construction de l'extension d'un immeuble de bureaux et aménagement des abords	
Dossier n°	Plan d'égouttage - vue implantation
3382	Date : 21/04/2017
	Echelle : 1/200
	Plan n° ANDOY000-AR-EX-010604



La GEOTHERMIE urbaine

Plan avec la disposition des sondes géothermiques



INTRODUCTION

FACTEURS DÉTERMINANTS

LA GÉOTHERMIE URBAINE

AVANCÉES RÉCENTES



Avancées récentes

- Projets de recherche européens
- Combinaison de différentes techniques
 - Avec le solaire PV
 - Avec le solaire thermique
- Les PAC
 - Nouveaux gaz non polluants
 - Application aux bâtiments historiques, notamment monter en température en gardant une performance importante



Avancées récentes

- Les sondes
 - Nouveaux plastiques plus conducteurs
 - Matériaux avec un coefficient de dilatation le plus faible possible
- Le placement
 - Étude sur le vibro-fonçage
 - Potentiel de placement de sondes obliques





La géothermie est une **science passionnante**,
Nécessaire à la diversité des énergies renouvelables,
Rentable financièrement / environnementalement.

Mais demande :

- ▶ Un **dimensionnement** de « pro »
- ▶ Une **mise en œuvre** soignée
- ▶ Pour un **rendement maximal**
- ▶ Et un **fonctionnement pérenne**



Jacques VERCRUYSSSE

General manager

Geo Green

☎ + 32 71 85 49 65

✉ info@geo-green.be



MERCI POUR VOTRE ATTENTION

