Projet Smart Geotherm

“La géothermie à Bruxelles”

Gust Van Lysebetten gvl@bbri.be
Chef de projet
Labo Géotechnique et Monitoring
CSTC-WTCB

Contenu de la présentation

Projet Smart Geotherm

- Le projet et ses objectifs
- Quelques résultats
  - Potentiel de la géothermie (en Flandre): outil en ligne
  - CSTC NIT259: Géothermie peu profonde – Conception et mise en œuvre de systèmes avec échangeurs en forme de U
  - Géostructures activées thermiquement
    - Pieux énergétiques, micropieux, dalle de fondation
  - Projets démo et pilotes
- Conclusions

Smart Geotherm www.smartgeotherm.be

Objectifs (1)

- Subsidié par Vlaio (IWT-VIS 2011 – 2017)

FLANDERS INNOVATION & ENTREPRENEURSHIP

- Stimulation de l'application

  de la géothermie peu profonde (< 300m)

  pour le chauffage et le refroidissement intelligent des bâtiments
- En utilisant:
  - (sol) forages géothermiques (ouverts + fermés), pieux énergétiques, …
  - (bâtiment) structure (activation de la masse thermique du béton), PCMs
- En harmonisant la demande, l'offre et le stockage d'énergie thermique

Smart Geotherm www.smartgeotherm.be

Objectifs (2)

- Une approche intégrée et complète:
  - Sous-sol ↔ Bâtiment

- Développement des algorithmes de contrôle dynamiques de la demande, de l'offre et du stockage de l'énergie thermique

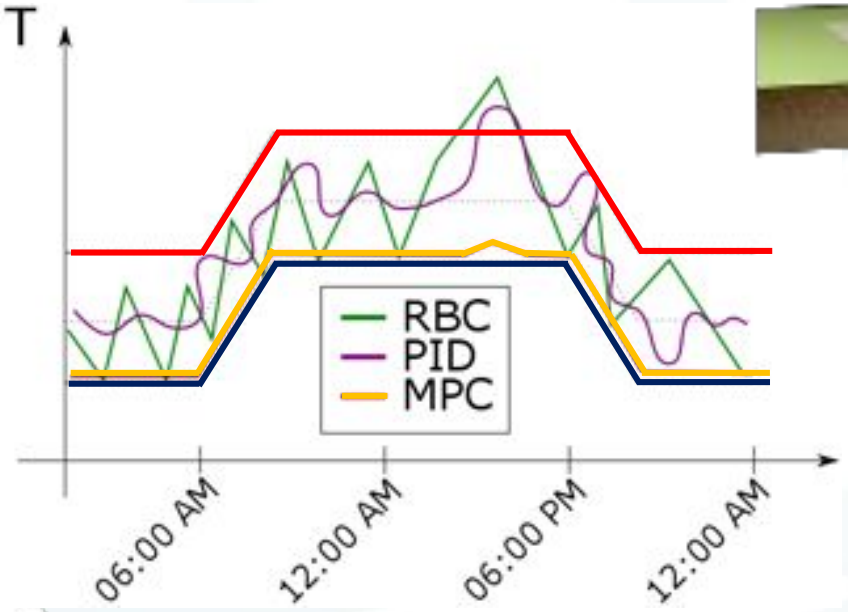
  (=> KU Leuven: MPC = Model Predictive Control)

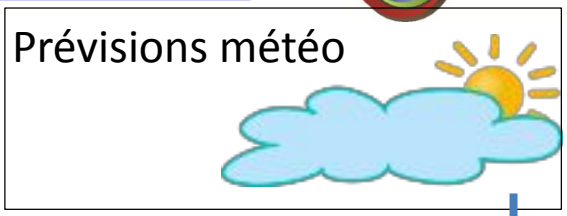
Smart Geotherm www.smartgeotherm.be

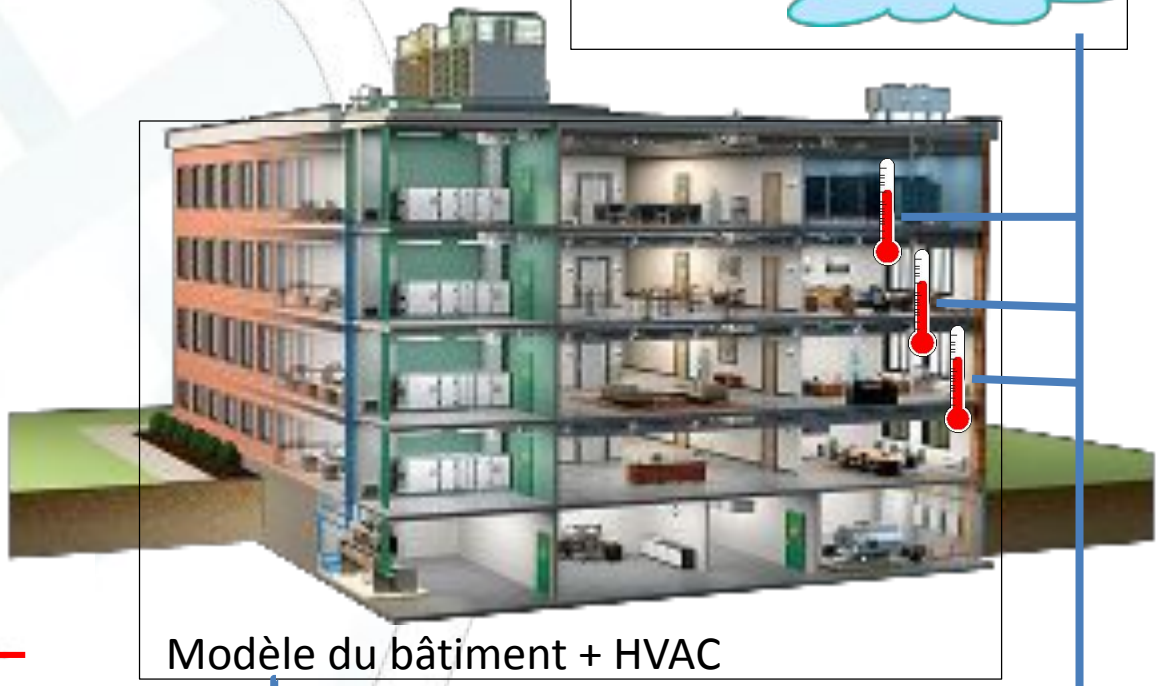
MPC – Model Predictive Control

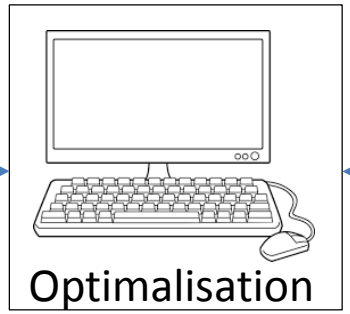
KU LEUVEN

PhD → Damien Picard
Prof. Lieve Helsen
Prof. Dirk Saelens









Smart Geotherm www.smartgeotherm.be

Objectifs (2)

- Une approche intégrée et complète:
  - Sous-sol ↔ Bâtiment

- Développement des algorithmes de contrôle dynamiques de la demande, de l'offre et du stockage de l'énergie thermique
- Validation via monitoring et mesures (projets démo et pilotes)

- Attention particulière pour le potentiel des géostructures!
- Avec des partenaires ayant chacun leur propre expertise

Smart Geotherm

Partenaires

KU LEUVEN

BOUWUNIE

cstc.be wtcb

infobeton.be

ABEF

FLANDERS INNOVATION & ENTREPRENEURSHIP

FEBE
FEDERATION DE L'INDUSTRIE DU BETON

Confédération Construction

vito
vision on technology

Outil d'évaluation

L'applicabilité de la géothermie peu profonde

- tool.smartgeotherm.be
- Rassemble toute information pertinente
  - Sous-sol (caractéristiques, législation, …)
  - Bâtiment (demande de chaud et de froid, puissances, …)

Aspire à faciliter le pas vers la géothermie

- Intégration des systèmes fermés et ouverts
- Actuellement uniquement en NL

  et information législative + sous-sol pour la Flandre
- Mais possibilité d'introduire ses propres données!

Plus d'info: article CSTC Contact 2016/2 distribué

Geothermische Screeningstool

Voer het adres in

Lambert 2008 | x-coör | y-coör

Of duid een locatie aan op de kaart

Hulp nodig ?

Screen-shot de la page initiale

Algemeen

Coordinaten	640419
Lambert 2008	702185
Gelegen nabij	Hollebeek 6A, 9140 Temse
	(Bron: AGIV)
Beschermingszone	Niet van toepassing

Geothermische Screeningstool

Exemple: systèmes fermés

Gesloten verticale systemen

Huidige locatie

Coordinaten	640419
Lambert 2008	702185
Gelegen nabij	Hollebeek 6A, 9140 Temse
	(Bron: AGIV)
Beschermingszone	Niet van toepassing

Info législation

VLAREM Rubriek 55.1

Tabel enkel geldig voor boringen voor thermische energieopslag

Diepte Boring	Vereisten
0 m - 2.5 m	niet ingedeeld*
2.5 m - 81.0 m	niet ingedeeld*
> 81.0 m	klasse 2 rubriek

* niet vergunningsplichtig en niet meldingsplichtig door de exploitant/bouwheer

Géologie + caractéristiques des couches

Hydrogeologie - HCOV (Toon geologie)

HCOV-data aangeleverd door VMM			Interpretatie WTCB		
Naam HCOV-eenheid	dikte (m)	diepte (m)	type	λ min (W/mK)	λ gem (W/mK)
Deklagen (dekzanden)	2.3	2.3		1.9	2.3
Boom Aquitard	21.1	23.4		1.2	1.5
Ruisbroek-Berg Aquifer	8.8	32.1		1.8	2.1
Tongeren Aquitard	9.9	42.1		1.2	1.5
Oligoceen Aquifersysteem	3.6	45.7		1.8	2.1
Bartoon Aquitardsysteem	44.7	90.4		1.4	1.7
Wemmel-Lede Aquifer	4.7	95.0		1.9	2.3
Zand van Vlierzele en/of Aalterbrugge	12.7	107.7		1.8	2.1
Panisellaan Aquitard	19.3	127.0		1.4	1.7
Ieperiaan Aquifer	19.2	146.2		1.8	2.1

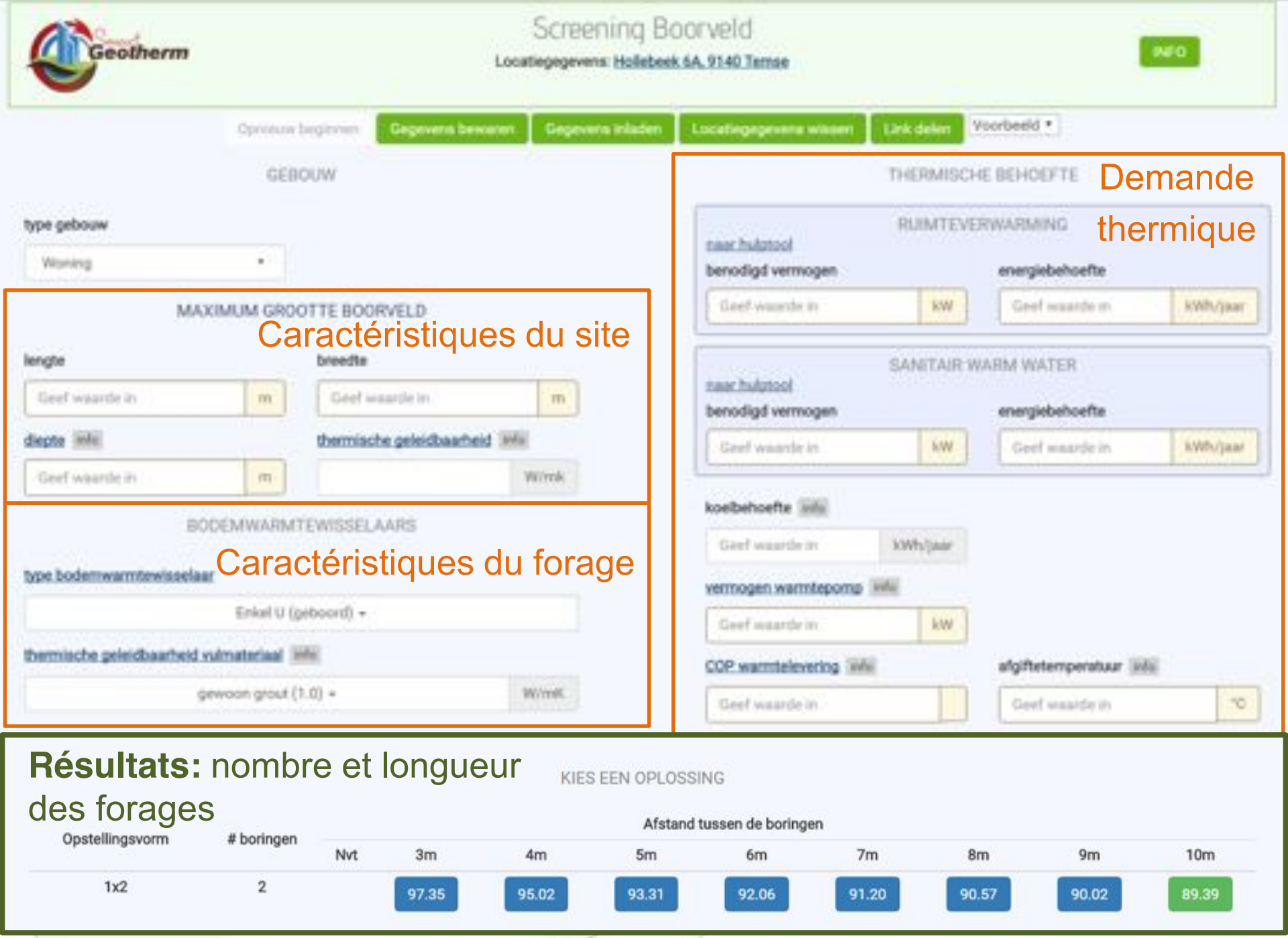
Warmtegeleidbaarheid

(Theoretische Achtergrond)

	diepte	λ min	λ gem
Tot dieptecriterium	81.0 m	1.4 W/mK	1.7 W/mK
Tot 100m	100.0 m	1.4 W/mK	1.7 W/mK
Tot gekarteerde diepte	291.3 m	1.4 W/mK	1.7 W/mK

geef diepte in

Conductivité thermique



Résultats: nombre et longueur des forages

KIES EEN OPLOSSING

Opstellingsvorm	# boringen	Afstand tussen de boringen							
		Nvt	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m
1x2	2		97.35	95.02	93.31	92.06	91.20	90.57	90.02	89.39

Outil d'évaluation

Bientôt intégré (1): analyse économique et écologique

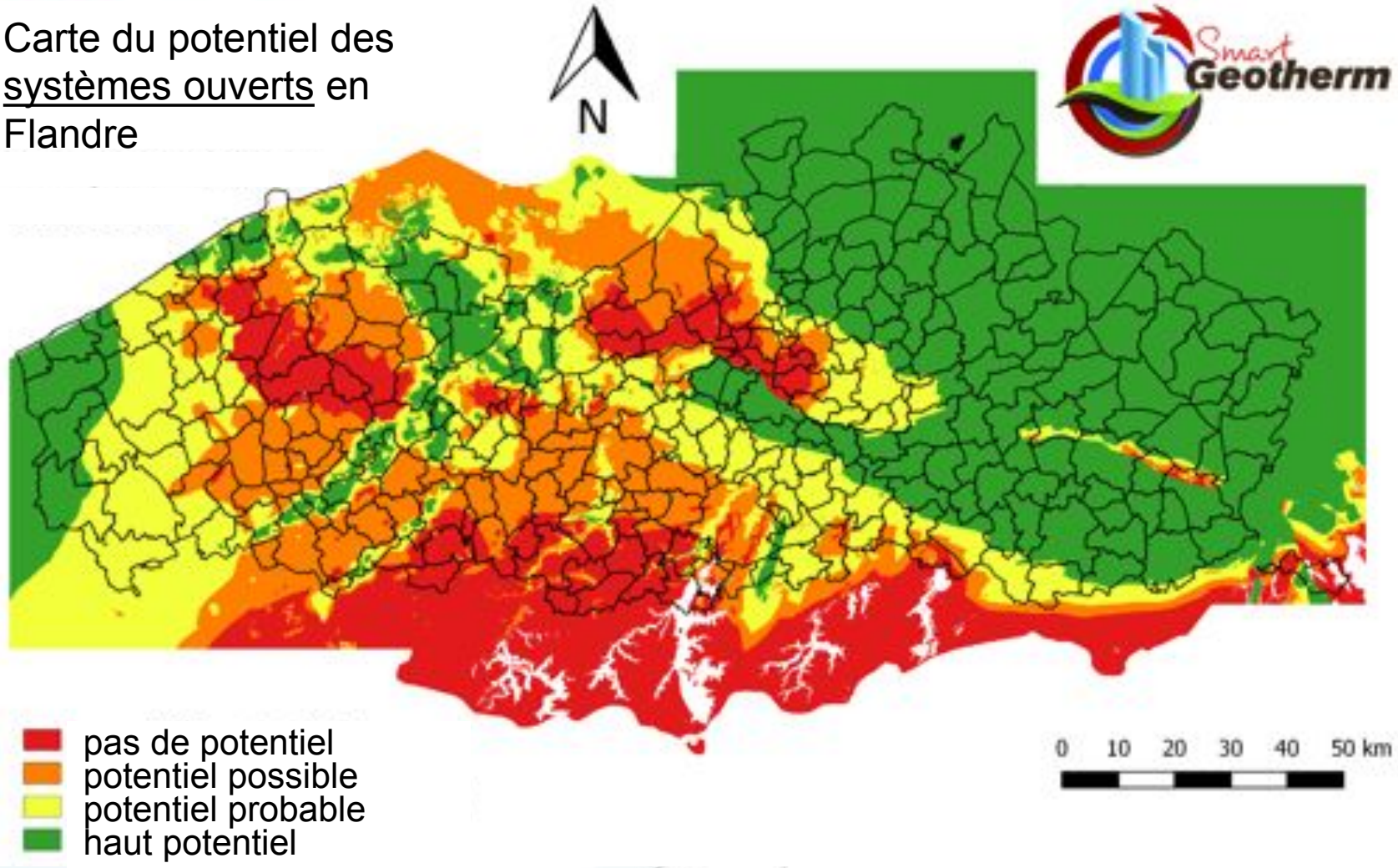
- Comparaison de la géothermie peu profonde avec:
  - Système traditionnel (gaz)
  - Pompe à chaleur air-eau

- En termes de:
  - Coût total sur 20-30 ans (investissement, énergie primaire, entretien, …)
  - Réduction CO_2

Outil d'évaluation

Bientôt intégré (2): potentiel des systèmes ouverts

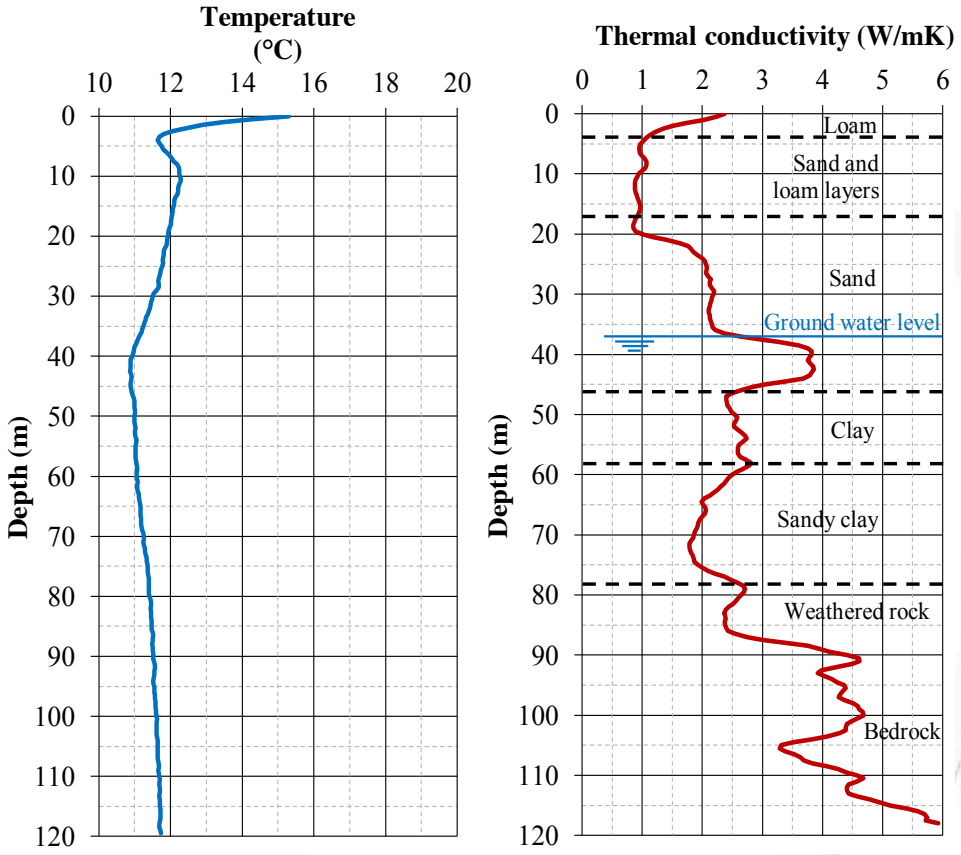
Carte du potentiel des systèmes ouverts en Flandre



Outil d'évaluation

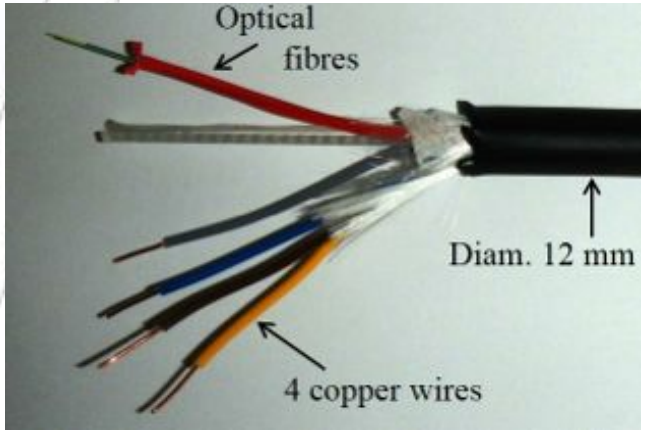
Détermination de la conductivité thermique du sous-sol

- Test de Réponse Thermique (TRT) = *in situ*: valeur moyenne
- Méthodes avancées: Enhanced TRT (ETRT), Distributed TRT



Exemple résultats ETRT

Technologie fibre optique pour la mesure de la température



NIT 259: Géothermie peu profonde

Disponible sur www.cstc.be/www.wtcb.be

1 INTRODUCTION 9
1.1 Qu'est-ce la géothermie ou chaleur souterraine 9
1.2 Géothermie peu profonde et pompes à chaleur 9
1.3 La Terre : source et/ou réservoir de stockage de l'énergie thermique 9
1.4 Systèmes géothermiques 10
1.5 Pompes à chaleur 15
1.6 Eau chaude sanitaire 18
1.7 Systèmes de basse température de restitution 19
1.8 Terminologie et symboles 19

2 LÉGISLATION ET PERMIS 21
2.1 Emplacement 21
2.2 Profondeur 21
2.3 Conditions d'octroi du permis 21

3 DIMENSIONNEMENT DES SYSTÈMES GÉOTHERMIQUES 23
3.1 Systèmes simples 23
3.2 Systèmes complexes 24
3.3 besoin en énergie thermique 25
3.4 La contribution énergétique et thermique du sol 26
3.5 Propriétés thermiques du sol 30
3.6 Le système géothermique 33
3.7 Le fluide 40
3.8 Le réseau hydraulique 42
3.9 Le cahier des charges 52

4 INSTALLATION DU SYSTÈME GÉOTHERMIQUE 57
4.1 Mise en œuvre des forages verticaux 57
4.2 Mise en œuvre des échangeurs géothermiques 62
4.3 Parachèvement du forage 64
4.4 Aménagement du réseau horizontal 68
4.5 Mise en service d'un système géothermique 75
4.6 Suivi 77

ANNEXE A Disposition du facteur de performance saisonnier selon la directive PEB [S3] 79
ANNEXE B Valeurs d'extraction spécifiques pour échangeurs géothermiques verticaux 80
ANNEXE C Caractéristiques thermiques du sol 81
ANNEXE D Méthodes de laboratoire pour déterminer la conductibilité thermique 83
ANNEXE E Test de réponse thermique (TRT) 85
ANNEXE F Présence d'imprégnants 93
ANNEXE G Méthode d'essai de la résistance au gel 94
ANNEXE H Temps de rinçage minimum par échangeur géothermique 95
ANNEXE I Perte de charge maximale admissible 96
ANNEXE J Procédure de test pour l'essai d'étanchéité 97
ANNEXE K Pertes de charge linéaire 98

BIBLIOGRAPHIE 101

Géostructures activées thermiquement

Éléments de fondation en contact avec le sol

- Pieux énergétiques

Géostructures activées thermiquement

Essais et monitoring: pieux énergétiques

- Pieux énergétiques
  - Fonction portante
    + énergétique
  - Effet sur:
    - la capacité portante?
    - les mouvements de la tête des pieux et tassements?
  - Dimensionnement?

→ Programme de recherche (Oostende)

DMOA Architecten, Louvain

Géostructures activées thermiquement

Essais et monitoring: pieux énergétiques

- Pieux énergétiques
  - Fonction portante
    + énergétique
  - Effet sur:
    - la capacité portante?
    - les mouvements de la tête des pieux et tassements?
  - Dimensionnement?

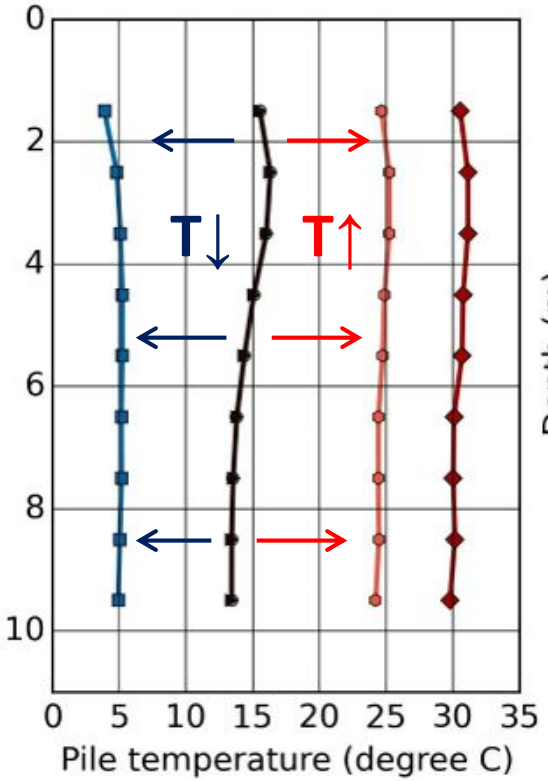
→ Programme de recherche (Oostende)

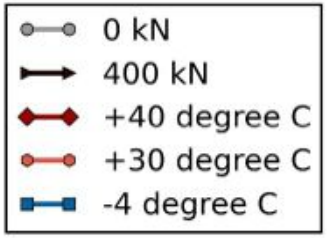
Géostructures activées thermiquement

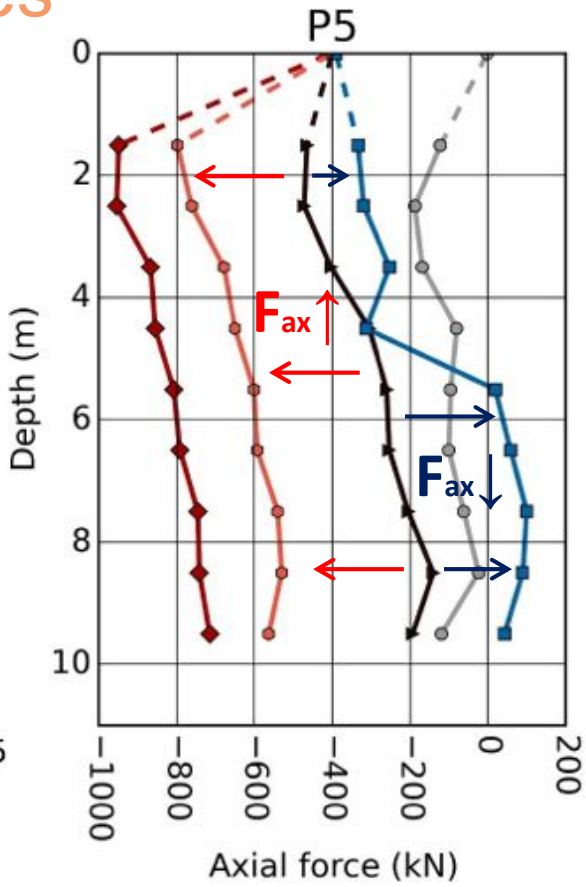
Essais et monitoring: pieux énergétiques

- Pieux énergétiques
  - Fonction portante
    + énergétique
  - Effet sur:
    - la capacité portante?
    - les mouvements de la tête des pieux et tassements?
  - Dimensionnement?

→ Programme de recherche (Oostende)







Géostructures activées thermiquement

Éléments de fondation en contact avec le sol

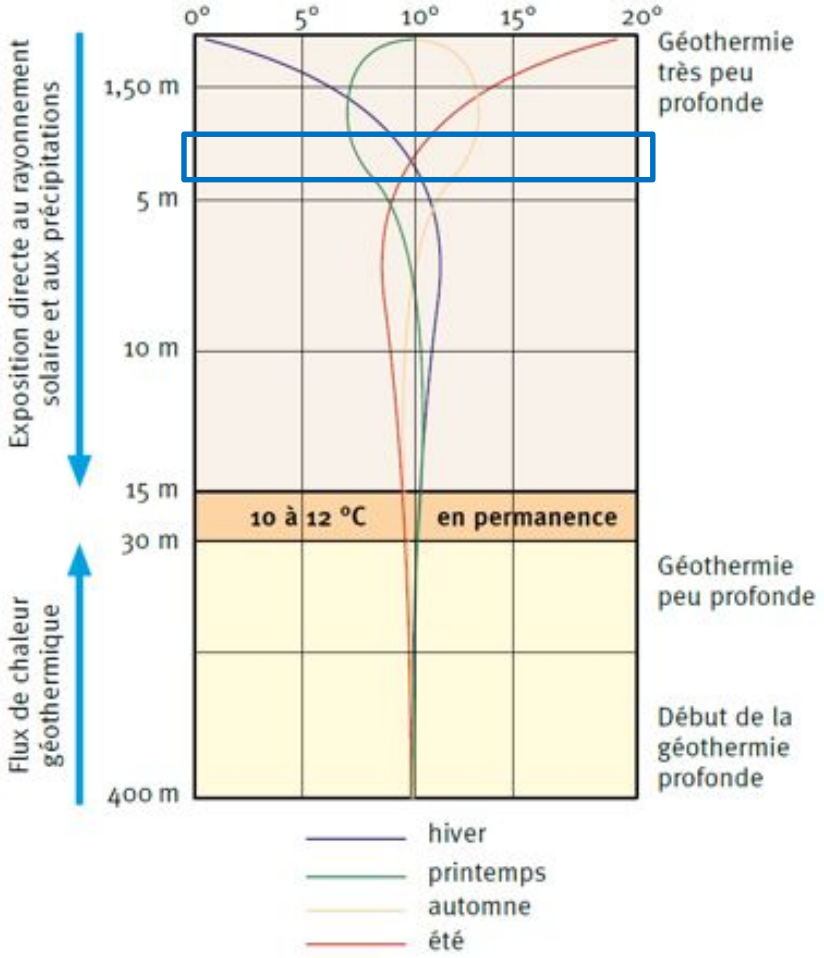
- Dalle de fondation (exemple à Sint-Laureins)

Géostructures activées thermiquement

Essais et monitoring: dalle de fondation

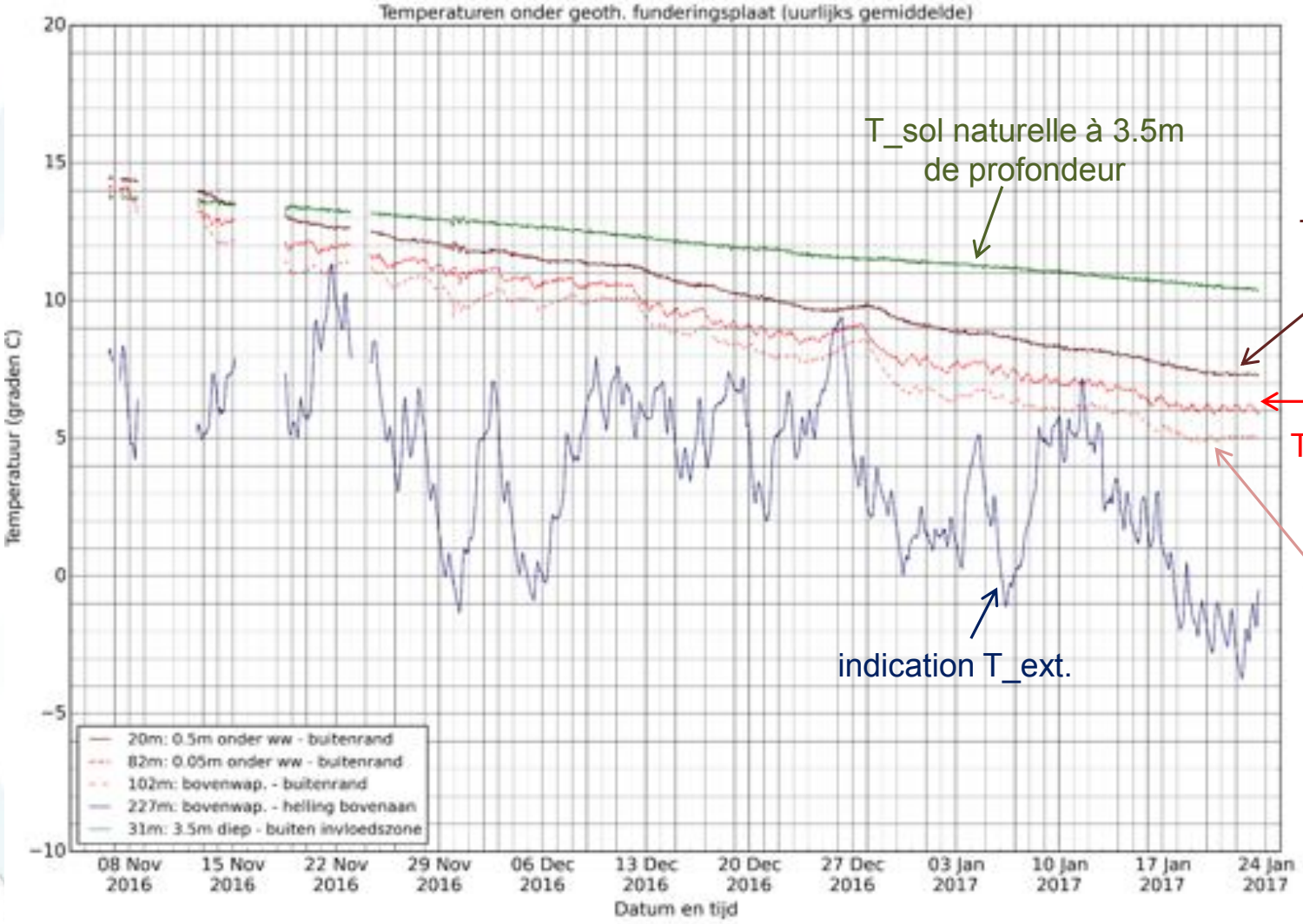
- Dalle de fondation
  - Instrumentation fibre optique

    → mesures de température



Géostructures activées thermiquement

Essais et monitoring: dalle de fondation



T_sol naturelle à 3.5m de profondeur

T_sol 0.5m en-dessous de la dalle (prof. 3.5m)

T_sol 0.05m en-dessous de la dalle (prof. 3.0m)

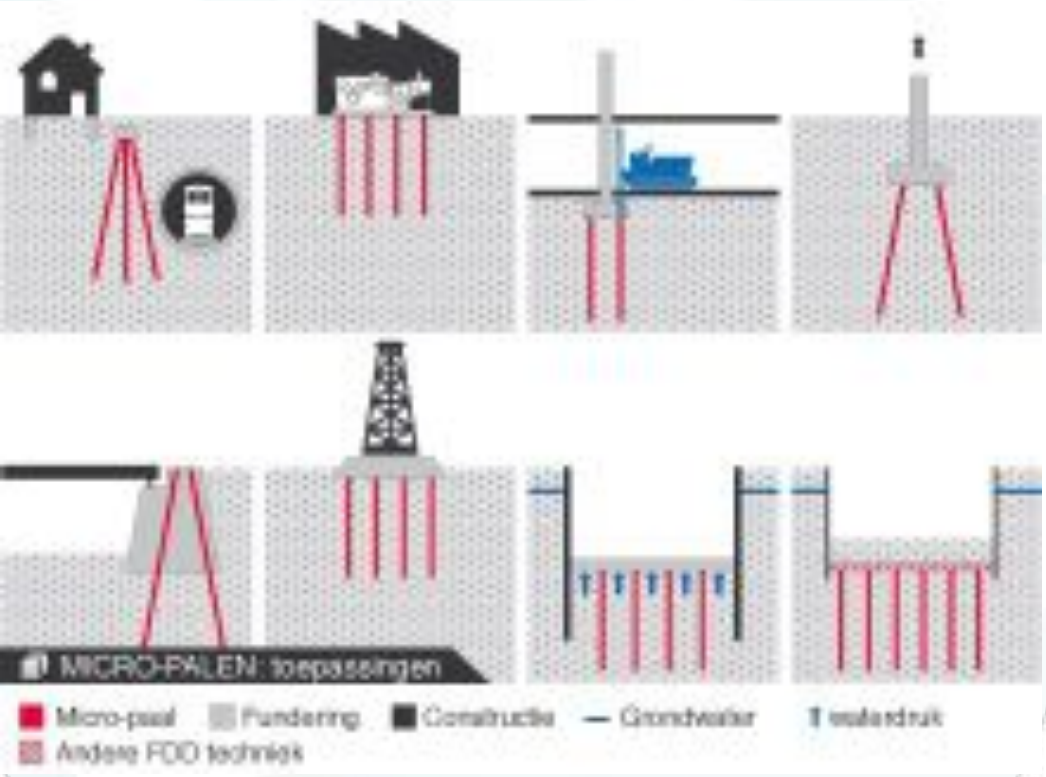
T_dalle

indication T_ext.

Géostructures activées thermiquement

Éléments de fondation en contact avec le sol

- Micropieux…



Projets démo/pilotes

Aperçu des projets

Projets pilotes:

étude totale:

plusieurs années

Projets démo:

question de recherche spécifique

1 an ou moins

Étude de cas:

fiche de projet

étude limitée

→ Les rapports bientôt disponibles sur www.smartgeotherm.be

Les expériences intégrées dans les Codes de bonne pratique

Conclusions

La géothermie peu profonde: durable et rentable

- L'interaction entre les concepteurs du bâtiment et du système géothermique est indispensable dès le début pour assurer:
  1. Le bon dimensionnement du système global
     - Équilibre entre demande de chaud et de froid?
     - 100% géothermie ou système hybride?
  2. Une bonne exécution et un réglage adapté

Mais tout aussi important: le monitoring et suivi du système global pendant l'exploitation !

Conclusions

La géothermie peu profonde: durable et rentable

- L'interaction entre les concepteurs du bâtiment et du système géothermique est indispensable dès le début pour assurer:
  1. Le bon dimensionnement du système global
  2. Une bonne exécution et un réglage adapté

  Mais tout aussi important: le monitoring et suivi du système global pendant l'exploitation !

- Bientôt:
  - « Code de bonne pratique: dimensionnement d'installations géothermiques pour les bâtiments »
  - « Code de bonne pratique: systèmes ouverts/pieux énerg. »

Conclusions

La géothermie peu profonde: durable et rentable

Merci pour votre attention!

N'hésitez pas à consulter www.smartgeotherm.be
et à vous inscrire à la newsletter.

Évènement final Smart Geotherm: 09/2017

Contact:
Gust Van Lysebetten - gvl@bbri.be
Luc François - lfr@bbri.be (chef de projet Smart Geotherm)