

Rapport intermédiaire du 1^{er} juillet 2002

Détermination des zones potentielles permettant l'exploitation de la chaleur terrestre par les géostructures énergétiques

élaboré par
Patric Joliquin
Diplômant EPFL
1015 Lausanne

Introduction

Cette étude est réalisée dans le cadre de la formation postgrade internationale en géologie de l'ingénieur et de l'environnement et constitue le mémoire de travail postgrade pour l'obtention du diplôme d'études postgrades en géologie de l'ingénieur et de l'environnement. D'une durée de quatre mois, ce travail a débuté le 6 mai et se terminera le 30 août 2002. Il est réalisé au sein de l'entreprise GRAM SA à Villeneuve-près-Lucens et du Laboratoire de Géologie de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne. Le suivi du travail est assuré par l'entreprise GRAM SA et par M. Jules Wilhelm, ingénieur-conseil à Pully.

Objectifs

La technologie d'extraction de l'énergie géothermique du sous-sol par les géostructures énergétiques montre un fort développement en Autriche et en Allemagne et commence également à être utilisée en Suisse alémanique. Très peu de réalisations ont actuellement été effectuées en Suisse romande. L'objectif de cette étude est donc de permettre un développement de cette technologie en Suisse romande en fournissant des critères pour l'identification et la sélection des zones potentielles à sa mise en œuvre. Ces critères pourront par la suite servir de base lors de l'établissement par les cantons de cartes d'utilisation de la chaleur du sol par les géostructures énergétiques. Cette étude s'inscrit également dans le processus de développement des pieux énergétiques par l'entreprise GRAM SA.

Démarche de l'étude

La première partie de ce travail a consisté à définir les différents critères pour l'identification des zones potentielles pour la réalisation de géostructures énergétiques. Pour cela, un travail de réflexion et de recherche bibliographique dans les domaines suivants a été effectué :

- Géologie et hydrogéologie
- Géotechnique et mécanique des sols
- Géothermie et échange de chaleur
- Travaux spéciaux de fondation
- Aménagement du territoire
- Planification énergétique
- Protection de l'environnement

Lieu de travail et suivi

Le lieu de travail est réparti entre l'entreprise GRAM SA à Villeneuve-près-Lucens (2 jours par semaine) et le Laboratoire de Géologie de l'EPFL à Lausanne (3 jours par semaine). Le suivi est assuré par une séance hebdomadaire au Laboratoire de Géologie de l'EPFL avec M. Jules Wilhelm et M. Pascal Turberg de l'EPFL. Des séances sporadiques ont aussi lieu chez GRAM SA.

Programme

Le mois de mai a été employé principalement à la recherche bibliographique et à l'introduction à la géothermie et aux géostructures énergétiques. Les premiers contacts ont été pris avec les services cantonaux genevois concernés par le site pilote sur le quel seront appliqués les différents critères. Durant le mois de juin, les différents critères ont été définis et appréciés. L'aspect de l'aménagement du territoire a également été abordé. Le travail suit ainsi le programme défini en début d'étude.

Résultats

Les différents critères définis sont les suivants :

1. Sol

- Caractéristiques mécaniques
- Disposition et nature des unités
- Caractéristiques thermiques

2. Hydrogéologie

- Présence d'eau
- Vitesse d'écoulement
- Protection des nappes souterraines
- Effets thermiques
- Barrages hydrauliques

3. Genre de constructions

4. Exécution des géostructures énergétiques

Suite des travaux

Dans la deuxième partie du travail, ces critères seront appliqués à un site pilote dans le canton de Genève, après avoir choisi deux sites d'études en collaboration avec les autorités cantonales (Service cantonal de géologie, service du plan directeur et service cantonal de l'énergie).

En septembre, un rapport tourné vers la pratique sera élaboré à partir du mémoire de diplôme.

Annexes

- Programme détaillé du travail
- Table des matières provisoire
- Liste des contacts
- Bibliographie

EPFL - Formation Postgrade Internationale en Géologie de l'Ingénieur et de l'Environnement

Détermination des zones potentielles permettant l'exploitation de la chaleur terrestre par des géostructures énergétiques.

Programme

- | | | |
|-----------|----------------------|--|
| 1. | 06-10 mai 2002 | - Recherche bibliographique |
| 2. | 13-17 mai 2002 | - Recherche bibliographique
- Introduction
- Description des différentes techniques de la géothermie
- Les géostructures : définition et différents types |
| 3. | 21-24 mai 2002 | - Recherche bibliographique
- Les géostructures : mise en œuvre et réalisation
- Aspect aménagement du territoire |
| | 28 mai 2002 | - Services cantonaux Genève |
| 4. | 27-31 mai 2002 | - Les géostructures
- Propriétés du sous-sol compte tenu de l'utilisation du potentiel calorifique par les GE |
| 5. | 03-07 juin 2002 | - Propriétés du sous-sol compte tenu de l'utilisation du potentiel calorifique par les GE
- Conditions de réalisation des ouvrages |
| 6. | 10-14 juin 2002 | - Méthodologie et critères d'identification et de sélection des zones potentielles |
| | 10-15 juin 2002 | <i>M. Wilhelm absent</i> |
| 7. | 17-21 juin 2002 | - Méthodologie et critères d'identification et de sélection des zones potentielles |
| 8. | 24-28 juin 2002 | - Méthodologie et critères d'identification et de sélection des zones potentielles
- Réalisation du rapport intermédiaire |
| | fin juin 2002 | Rapport intermédiaire |

- 9.** 01-05 juillet 2002 - Etablissement du programme détaillé de la 2^e phase
- Choix et visite des sites
- Recherche bibliographique sur les sites
- 10.** 08-12 juillet 2002 - Caractérisation des sites sur le plan géologique et géothermique
- Visite des sites
- Analyses en laboratoire
- 11.** 15-19 juillet 2002 - Caractérisation des sites sur le plan géologique et géothermique
- Visite des sites
- Analyses en laboratoire
- Comparaison des sites et choix du site pilote
- 12.** 22-26 juillet 2002 - Application de la méthodologie au site pilote
- 13.** 29 juil.-2 août 2002 - Application de la méthodologie au site pilote

29 juil.-11 août 2002 Vacances GRAM SA

- 14.** 05-09 août 2002 - Aspect planification énergétique, aménagement du territoire et protection de l'environnement
- Application de la méthodologie au site pilote
- 15.-17.12-29 août 2002** - Elaboration du mémoire final

30 août 2002 12h Rendu du mémoire final

- 18.-21.02-27 sept. 2002** - Elaboration d'un rapport tourné vers la pratique
- Correction du mémoire final
- Préparation de la soutenance

03-17 sept. 2002 M.Wilhelm absent

11 sept. 2002 Soutenance

04 octobre 2002 Présentation publique

Table des matières provisoire du 01.07.02

1. Introduction et objectifs de l'étude
2. Présentation des différentes techniques de la géothermie
3. Les géostructures énergétiques (GE) : Définitions, différents types, conception, mise en œuvre
4. Méthodologie et critères d'identification et de sélection des zones potentielles.
5. Présentation des deux sites sélectionnés
6. Comparaison des sites et choix du site pilote
7. Application de la méthodologie et des critères au site pilote
8. Conclusions

EPFL - Formation Postgrade Internationale en Géologie de l'Ingénieur et de l'Environnement

Détermination des zones potentielles permettant l'exploitation de la chaleur terrestre par des géostructures énergétiques.

Liste des contacts

- Stagiaire : **Patric Joliquin**
Route de Sonzier 27
1822 Chernex
Tél. 021 963 68 67
Tél. GEOLEP 021 693 63 54 / 23 55
Tél. GRAM 026 668 53 02 / 53 54
E-mail : patric.joliquin@epfl.ch
- Expert : **Jules Wilhelm**, Ing.-conseil
Ch. du Fau-blanc 26
1009 Pully
Tél. & fax 021 729 13 06 / 021 728 11 78
E-mail : jules.wilhelm@bluewin.ch
- GRAM SA (Institution d'accueil) : **Albert Ghiraldi**, Administrateur délégué
GRAM SA
1527 Villeneuve-près-Lucens
Tél. 026 668 53 54
- : **Daniel Bonny**
GRAM SA
1527 Villeneuve-près-Lucens
Tél. 026 668 53 54
- : **Charles-Xavier Sansonnens**
GRAM SA
1527 Villeneuve-près-Lucens
Tél. 026 668 53 54
Chemin d'Entre-Deux-Crêts 23
1814 La Tour-de-Peilz
Tél. 021 944 49 68
E-mail : ch.xavier.sansonnens@mcnet.ch
- GEOLEP : **Prof. Dr. Aurèle Parriaux**
EPFL
ENAC – GEOLEP
Bat. GC B1
1015 Lausanne
Tél. 021 693 23 52 / 23 55
E-mail : aurele.parriaux@epfl.ch

- : **Pascal Turberg**
EPFL
ENAC – GEOLEP
Bat. GC B1
1015 Lausanne
Tél. 021 693 60 71 / 23 55
E-mail : pascal.turberg@epfl.ch
- EPFL : **Dr. Lyesse Laloui**
GCB D1 416
EPFL
1015 Lausanne
Tél. 021 693 2314
E-mail : lyesse.laloui@epfl.ch
- Services cantonaux genevois : **Roland Tettamanti**
Service des études de transports et
d'infrastructures
Direction de l'aménagement
Rue David-Dufour 5
1211 Genève 8
Tél. 022 327 48 87
E-mail : roland.tettamanti@etat.ge.ch
- : **Hillevi Perraudin**
Division de l'aménagement cantonal et
régional
Service du plan directeur
Rue David-Dufour 5
1211 Genève 8
Tél. 022 327 74 41
- : **Gabriel de los Cobos**
Service cantonal de géologie
Quai du Rhône 12, CP 36
1211 Genève 8
Tél. 022 327 46 83 / 55 08 (secrétariat)
E-mail : gabriel.deloscobos@etat.ge.ch
- : **Remy Beck**
ScanE, Service cantonal de l'énergie,
Genève
E-mail : remy.beck@etat.ge.ch
- : **Vincent Gillioz**
ScanE, Service cantonal de l'énergie,
Genève
E-mail : vincent.gillioz@etat.ge.ch

Bibliographie

- ANSTETT, M. (2001) : Pieux énergétiques du centre scolaire de Fully ; Conférence de la 12^{ème} journée technique et d'information de la SSG, 20 avril 2001, Berne
- BILFINGER + BERGER & NEK UMWELTECHNIK GMBH (1997) : Energiepfähle für den Neubau der Landesbank Hessen-Thüringen, Frankfurt am Main ; Bilfinger + Berger Bauaktiengesellschaft, Mannheim
- FROMENTIN, A., PAHUD, D., JAQUIER, C. & MORATH, M. (1997) : Recommandations pour la réalisation d'installations avec pieux échangeurs ; Rapport final, Programme de recherche : géothermie, Office fédéral de l'Energie (OFEN), Lausanne
- FROMENTIN, A., PAHUD, D., LALLOUI, L. & MORENI, M. (1999) : Pieux échangeurs : conception et règles de pré-dimensionnement ; Revue française de génie civil n°6/1999, vol. 3, pp. 387-421
- HUBBUCH, M. (2001) : Dock Midfield, Zürich Flughafen, Planung und Ausführung der Energiepfähle ; 12. Fachtagung und Hauptversammlung der Schweizerischen Vereinigung für Geothermie (SVG), 20. April 2001, Bern
- LALLOUI, L., MORENI, M., FROMENTIN, A., PAHUD, D. & VULLIET, L. (1999a) : In-situ thermo-mechanical load test on a heat exchanger pile ; 4th International Conference on Deep Foundation Practice + Piletalk, 29, 30 July 1999, Singapore
- LALLOUI, L., MORENI, M., STEINMANN, G., VULLIET, L., FROMENTIN, A. & PAHUD, D. (1999b) : Test en conditions réelles du comportement statique d'un pieu soumis à des sollicitations thermo-mécaniques ; Rapport final, Programme géothermie, Office fédéral de l'Energie (OFEN), Lausanne
- OFEFP (1994) : Liquides pouvant altérer les eaux, Directives pour l'exploitation de la chaleur au moyen de sondes géothermiques fermées ; Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP), Berne
- OFEN (1998) : Géothermie, Exploitation de l'énergie géothermique, Guide pour concepteurs, maîtres d'ouvrages, investisseurs et décideurs ; Office fédéral de l'Energie (OFEN), Berne
- OFPE (1977) : Instructions pratiques pour la détermination des secteurs de protection des eaux, des zones et des périmètres de protection des eaux souterraines ; révision partielle en 1982, Office fédéral de la protection de l'environnement (OFPE), Berne

- OFPE (1982) : Directives sur l'utilisation de la chaleur des eaux et du sol ; Office fédéral de la protection de l'environnement (OFPE), Berne
- PAHUD, D. (2001) : Recommandations pour la réalisation d'installations avec pieux échangeurs ; Conférence de la 12^{ème} journée technique et d'information de la SSG, 20 avril 2001, Berne
- PAHUD, D., FROMENTIN, A. & HUBBUCH, M. (2001) : Système de chauffage et de refroidissement avec pieux échangeurs, L'aéroport de Zurich – exemple d'approvisionnement en énergie axé sur l'avenir ; Bulletin ASE/AES 7/01, Fehraltorf
- PREG, R. (2001) : Kunsthaus Bregenz, Nutzung geothermischer Energie über Beton mit neuen Technologien ; 12. Fachtagung der Schweizerischen Vereinigung für Geothermie (SVG), 20. April 2001, Bern
- SIA (1988) : Base de dimensionnement des systèmes exploitant la chaleur du sol à basse température, Documentation D 025 ; Société suisse des ingénieurs et des architectes, Zürich
- SSG (2001a) : Fiches techniques 1 à 4, Les sondes géothermiques, Champs de sondes géothermiques et sondes profondes, Géostructures et pieux énergétiques, Géothermie des tunnels ; Société Suisse pour la Géothermie (SSG), Neuchâtel
- VON DER HUDE, N. & KAPP, C. (1998) : The use of heat exchanger piles as exemplified in the Main Tower building in Frankfurt am Main ; 5th Darmstadt Geotechnical Conference, 19th March 1998, Darmstadt
- WALTHER, R. & TRELEANI, J. (1993) : Construire en béton ; Complément au Traité de Génie Civil de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, Presses polytechniques universitaires romandes, Lausanne
- WILHELM, J. (2001) : 10 ans de géostructures énergétiques en Suisse ; Introduction à la 12^{ème} journée technique de la Société Suisse pour la Géothermie, 20 avril 2001, Berne