

## 13. Énergie géothermique

### 13.4 – Géothermie à moyenne énergie

Daniel R. Rousse, ing., Ph.D.

*Département de génie mécanique*

Pierre-Luc Paradis, B.Ing, M.Ing, Ph.D.

Stéphane Hallé, M.Sc.A., Ph.D.

Mathieu Patin, M.ing.

# Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- Fonctionnement
- Exemple du Val-de-Marne
- Étude de préféabilité
- Questions sur le sujet
- Conclusion

# Plan de la présentation

- ***Introduction et objectifs de la capsule***
- Fonctionnement
- Exemple du Val-de-Marne
- Étude de pré faisabilité
- Questions sur le sujet
- Conclusion

# Introduction et objectifs

- La géothermie à moyenne énergie (que certains appellent aussi basse énergie) consiste à aller chercher un caloporteur liquide en profondeur et d'en extraire de la chaleur;
- Ne produit pas d'électricité, mais de la chaleur;
- Les coûts d'immobilisation (CAPEX) et d'opération (OPEX) et les gains énergétiques des systèmes vont donc augmenter par rapport à ceux des systèmes en surface, ce qui modifie les usages et problématiques associés à cette technologie.

# Introduction et objectifs

- Objectifs
  - Présenter sommairement les systèmes à moyenne énergie
  - Présenter quelques exemples d'implantations

# Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- ***Fonctionnement***
- Exemple du Val-de-Marne
- Étude de pré faisabilité
- Questions sur le sujet
- Conclusion

# Question

- De manière générale en géothermie moyenne énergie, d'où provient l'eau utilisée ?
  - A. De roches sèches
  - B. D'aquifères
  - C. De roches poreuses
  - D. De la mer
  - E. Aucune de ces réponses



ENR2020

# Fonctionnement

- Résumé
  - La géothermie moyenne énergie utilise la chaleur du sous-sol ou de nappes phréatiques pour chauffer des bâtiments;
  - Usage pour les bâtiments collectifs souvent, mais non exclusivement, qui sont reliés à un réseau de chaleur;
  - Le réseau de chaleur est généralement constitué d'au moins deux boucles.
    - La boucle d'eau souterraine et la boucle de distribution connectées toutes deux à un échangeur thermique de grande capacité.

# Fonctionnement

- Réseau de chaleur
  - Le réseau de chaleur n'est pas exclusif à la géothermie moyenne énergie, plusieurs autres sources sont possibles:
    - Biomasse;
    - Gaz;
    - Fioul ou mazout;
    - Et même solaire thermique.

# Fonctionnement

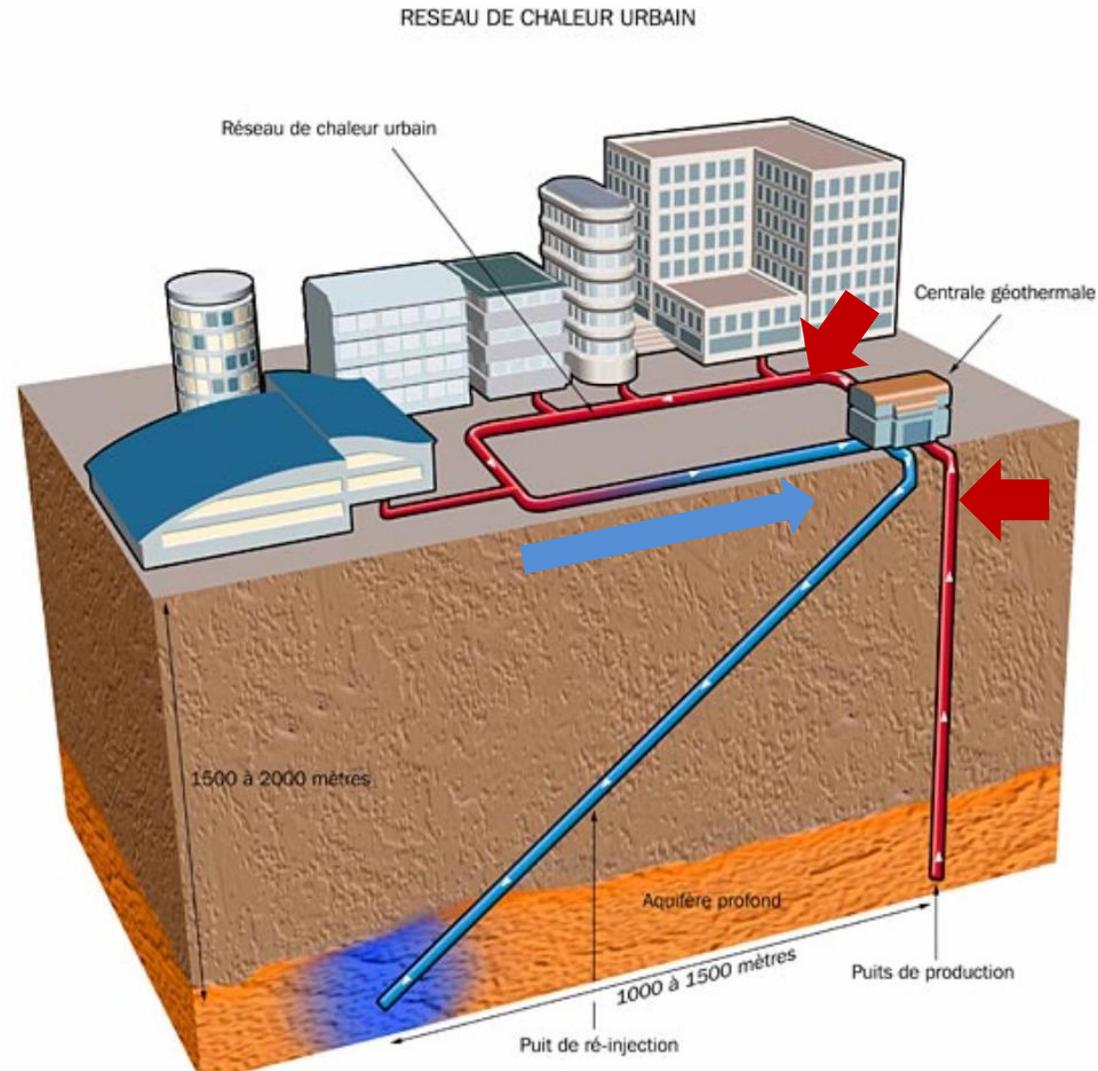
- Caractéristiques générales
  - La température de la source reste près de 85°C (généralement 60°C à 90°C), rarement jusqu'à 150°C;
  - C'est l'eau et non la vapeur qui est employée comme caloporteur;
  - L'eau provient d'aquifères et non de roches poreuses ou sèches;
  - Un système de chauffage d'appoint est généralement adjoint au circuit géothermique;

**Pourquoi doit-on ajouter un système d'appoint?**

# Fonctionnement

- Caractéristiques générales
  - On pompe l'eau chaude ou on laisse la pression la remonter en surface;
  - On puise à plus de 1 000 m de profondeur;
    - Parfois 500 m ou moins, le plus souvent 1 000-1 500 m, voire 2 km.
  - On réinjecte l'eau dans l'aquifère;
    - À 1 000 m et + du lieu de production (prélèvement).

# Fonctionnement



<http://www.engie.com>

# Fonctionnement

- Problème inverse
  - Dans ce thème du Module de géothermie, on présente l'une des deux formes « d'hydrothermie »: on utilise un réservoir chaud (autour de 80°C) pour alimenter un réseau de chaleur ;
  - Mais il est aussi possible d'alimenter un réseau de climatisation avec une autre forme « d'hydrothermie »: on utilise alors un réservoir froid (autour de 4-6°C) ;
  - Le principe reste le même et on en reparle dans le Module 16 bien que les applications ne soient pas limitées aux mers et aux océans.

Voici quelques liens :

- <https://www.lesechos.fr/pme-regions/outre-mer/bardot-ocean-va-climatiser-lhopital-de-la-reunion-1163867>
- [https://www.zinfos974.com/Le-CHU-de-Saint-Pierre-bientot-climatise-a-l-eau-de-mer\\_a46796.html](https://www.zinfos974.com/Le-CHU-de-Saint-Pierre-bientot-climatise-a-l-eau-de-mer_a46796.html)

# Fonctionnement

- Vulgarisation
  - Géothermie profonde à moyenne énergie - chauffage urbain
    - <https://www.youtube.com/watch?v=NVwRw1gLIGM>
      - Aquifer Dogger (Val-de-Marne)
    - <https://www.youtube.com/watch?v=L6LCVTUpmv4>
      - GeoDH- Geothermal District Heating
    - <https://www.youtube.com/watch?v=GMsBC3s2aBA>
      - Southampton Geothermal District Heating

[www.geodh.eu](http://www.geodh.eu)

**You Tube regorge de vidéos sur le sujet:  
recherchez « Geothermal District Heating ».**

# Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- Généralités
- ***Exemple du Val-de-Marne***
- Étude de pré faisabilité
- Questions sur le sujet
- Conclusion

# Développement

- Exemple de réseaux de chaleur alimenté par géothermie, Val-de-Marne (France)
  - La géothermie représente 68% de sa production de chaleur grâce à une **trentaine** de réseaux.
  - Le département compte deux centrales historiques à L'Haÿ-les-Roses et Chevilly-Larue, ainsi qu'une plus récente à Villejuif, fournissant 12MW thermiques chacune.
  - Le réseau dispose aussi de deux centrales de co-génération.
  - A elles cinq, elles alimentent le plus grand réseau de chaleur européen.

**En 2020, la centrale géothermique de Melun (mise en service il y a 53 ans) assurait 49% des besoins énergétiques de 8180 logements. Une part supplémentaire de 36% est assurée par de la valorisation énergétique de déchets et de la cogénération.**

# Développement



**Nombre de logements  
connectés au réseau : 35 320**

**Longueur des canalisations  
du réseau : 100 km**

**Carte détaillée et interactive : [cliquez ici](#)**

# Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- Généralités
- Exemple du Val-de-Marne
- ***Étude de pré faisabilité***
- Questions sur le sujet
- Conclusion

# Étude de préféabilité

- Application
  - Votre entreprise obtient le droit d'exploiter un aquifère dont la température fait en sorte que vous disposez d'eau liquide à 90°C à pression atmosphérique;
  - Votre patron désire alimenter en eau chaude un quartier comprenant 6 500 logements qui consomment chacun 6 kW en puissance de chauffage incluant les besoins d'ECS;
  - La consommation annuelle en énergie s'élève à 10 000 kWh;
  - Votre patron exige une PRI de 10 ans ou mieux.

# Étude de préféabilité

- Note: vous négligez, en première approximation:
  - les efficacités des échanges thermiques;
    - Les principales pertes
  - les variations de propriétés de l'eau;
    - Densité, chaleur spécifique, etc
  - le fait que tous les clients ne sont pas identiques;
    - Ils ne consommeront **pas** la même quantité d'énergie
  - le fait que la température d'entrée chez les clients pourrait varier sur le circuit.

# Étude de préféabilité

- Note: vous négligez, en première approximation:
  - les pertes thermiques;
    - Dans la distribution, supplémentaires à celles des échangeurs.
  - la consommation des pompes (pertes de charge);
    - Beaucoup plus importantes que les pertes en conduites.
  - la corrosion;
  - les frais annuels d'entretien et de maintien d'actifs.

# Étude de préféabilité

- Questions
  - À quelle température sera réinjectée l'eau dans l'aquifère si le débit puisé est de 2 000 GPM (gallons impériaux)?
  - Quel est le budget d'investissement initial maximal possible si vous devez entrer en compétition avec un fournisseur:
    - d'électricité à 0,14\$/kWh?
    - de gaz à 0,40\$/m<sup>3</sup>?

# Étude de préféabilité

- Questions
  - Quelle est votre recommandation:
    - On abandonne, ce ne sera jamais rentable
    - On poursuit par une étude de faisabilité en engageant une firme spécialisée

# Étude de pré faisabilité

- Questions
  - Si vous désirez une température de réinjection minimale de 60°C, combien de logements devront être coupés du réseau de chaleur?
  - Si vous désirez une température de réinjection minimale de 60°C, à combien faut-il augmenter le débit d'eau global?

# Étude de préféaisabilité

- Les pompes

- Les pompes dans le circuit primaire consommeront une large part de l'énergie électrique produite parce que les tuyaux peuvent être très longs (plus de 1 000 m, jusqu'à 5 000 m)
- La puissance des pompes peut être estimée par :

$$P_{Hydraulique} = \dot{m} \times g \times H ; \quad P_{Electrique} = P_{Hydraulique} \div \eta$$

- Où  $P_{Hydraulique}$  est la puissance hydraulique requise [W],  $\dot{m}$  est le débit massique [kg/s],  $g$  la gravité [ $m/s^2$ ], et  $H$  la hauteur d'eau correspondant à la perte de charge due à la friction pariétale [m].  $P_{Electrique}$  est la puissance électrique à fournir et  $\eta$  est le rendement global de la pompe.

# Étude de pré faisabilité

- Un projet Canadien
  - L'entreprise DEEP est située en Saskatchewan. Elle propose de produire de l'électricité (20 MWe) à partir d'une source géothermique (125°C) située à 3500 m de profondeur.
  - Pour en savoir plus, cliquez [ici](#) (Reportage DÉCOUVERTE, 2020-11-08)
  - Un projet à mi-chemin entre la géothermie ME et HE.
    - Objectif : produire de l'électricité (HE);
    - Température inférieure à 150°C (les bassins en surface sont à 93°C) (ME);
    - Une turbine (boucle secondaire) est employée (HE);
    - Profondeur supérieure à 2 000 m (HE);
    - Eau et non vapeur (ME).

# Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- Généralités
- Exemple du Val-de-Marne
- Étude de pré faisabilité
- ***Questions sur le sujet***
- Conclusion

# Question

- Pourquoi doit-on avoir un échangeur de chaleur dès la station de production en géothermie moyenne énergie ?
  - A. Pour diminuer les pertes de charge
  - B. Pour éviter l'encrassement
  - C. Pour diminuer les coûts de construction (CAPEX)
  - D. Pour éviter que l'eau souterraine ne circule dans toutes les installations desservies
  - E. Pour diminuer les coûts d'opération (OPEX)



ENR2020

# Questions sur le sujet

- À la fin de votre étude, vous devriez pouvoir répondre à ces questions
  - Que veut-on dire par moyenne énergie?
  - Quel est le minimum de boucles du système d'énergie?
  - À quelle distance de la prise d'énergie doit-on réinjecter dans le bassin ou l'aquifère?
  - Dans quelle plage de température doit-on puiser?
  - Pourquoi ajouter un système de chauffage d'appoint?

# Questions sur le sujet

- À la fin de votre étude, vous devriez pouvoir répondre à ces questions
  - Un réseau géothermique à moyenne énergie est-il destiné à la climatisation?
  - Quelle est en général la source de l'énergie?
  - À quelle profondeur doit-on forer pour puiser l'énergie?
  - Quel est le fluide caloporteur de ce type de système?
  - Quelle est la baisse de température dans le système?

# Questions sur le sujet

- À la fin de votre étude, vous devriez pouvoir répondre à ces questions
  - Pourquoi doit-on avoir un échangeur de chaleur dès la station de production?
  - Pourquoi doit-on avoir un (des) circuit(s) parallèle(s) pour de vastes installations?
  - Quels sont les avantages environnementaux de ce type de systèmes?
  - Quels sont les avantages technologiques de ce type de systèmes?

# Questions sur le sujet

- À la fin de votre étude, vous devriez pouvoir répondre à ces questions
  - Quel type de bâtiment peut être connecté au réseau de chaleur?
  - Pourquoi un minimum de deux puits?
  - Quel est le nom des deux types de puits requis?
  - Comment la pression intervient-elle dans l'opération?
  - Doit-on recourir à une pompe ou deux pompes dans le circuit primaire?

# Questions sur le sujet

- À la fin de votre étude, vous devriez pouvoir répondre à ces questions
  - Comment évoluent les coûts d'opération et de maintien d'actif avec le temps?
  - Comment évolue le coût de l'énergie avec les années?
  - Quels sont les avantages économiques de ce type de systèmes?
  - Quelles sont les pertes de charge les plus faibles dans le système?

# Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- Généralités
- Exemple du Val-de-Marne
- Étude de pré faisabilité
- Questions sur le sujet
- ***Conclusion***

# Conclusion

- La géothermie moyenne énergie est une méthode efficace pour fournir de la chaleur en grande quantité;
- Cependant, un réseau de chaleur doit être mis en place ce qui est un investissement conséquent;
- Et il faut évidemment une source!



**Merci de votre attention !**

Si vous avez des questions à formuler, veuillez les poser par écrit et spécifier le nom et le numéro de la présentation. Nous vous répondrons le plus rapidement possible.

# Période de questions

