

# SÉRIE DE WEBINAIRES | IMMOBILIER + BIODIVERSITÉ

« Les puits à colonne permanente : une opportunité pour le chauffage et la climatisation des bâtiments dans les environnements urbains densément construits »



« Les puits à colonne permanente : une opportunité pour le chauffage et la climatisation des bâtiments dans les environnements urbains densément construits »

Philippe Pasquier, ing., Ph.D., Titulaire, Chaire de recherche sur l'intégration des PCP dans les bâtiments institutionnels, Professeur titulaire, Département des génies civil, géologique et des mines, Polytechnique Montréal

Université du Québec à Montréal (UQAM)

Montréal, le 20 avril 2023

Partenaire de la Chaire



Partenaires de l'OCVI²



# Série de webinaires | IMMOBILIER + BIODIVERSITÉ

« Les puits à colonne permanente : une opportunité pour le chauffage et la climatisation des bâtiments dans les environnements urbains densément construits »

## Conférencier

**Philippe Pasquier**, ing., Ph.D.

Titulaire, Chaire de recherche sur l'intégration des PCP dans les bâtiments institutionnels  
Professeur titulaire, Département des génies civil, géologique et des mines, Polytechnique Montréal

[philippe.pasquier@polymtl.ca](mailto:philippe.pasquier@polymtl.ca)

## Animateur

**Sylla Maldini**, M.Sc.

Doctorant en administration  
Professeur enseignant, Département de stratégie, responsabilité sociale et environnementale  
Assistant de recherche, Chaire Ivanhoé Cambridge d'immobilier et OCVI<sup>2</sup> ESG UQAM

[maldini.sylla@uqam.ca](mailto:maldini.sylla@uqam.ca)

# Série de webinaires | IMMOBILIER + BIODIVERSITÉ

« Les puits à colonne permanente : une opportunité pour le chauffage et la climatisation des bâtiments dans les environnements urbains densément construits »

## Mot d'introduction

Prononcé par Sylla Maldini

# Série de webinaires | IMMOBILIER + BIODIVERSITÉ

« Les puits à colonne permanente : une opportunité pour le chauffage et la climatisation des bâtiments dans les environnements urbains densément construits »

## Plan de la présentation

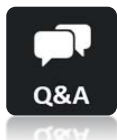
- 11h30 Mot d'introduction par Sylla Maldini, M.Sc.
- 11h40 Conférence « Les puits à colonne permanente : une opportunité pour le chauffage et la climatisation des bâtiments dans les environnements urbains densément construits » par Philippe Pasquier, Ph.D.
- 12h35 Période de questions animée par Sylla Maldini, M.Sc.
- 12h55 Mot de clôture

# Série de webinaires | IMMOBILIER + BIODIVERSITÉ

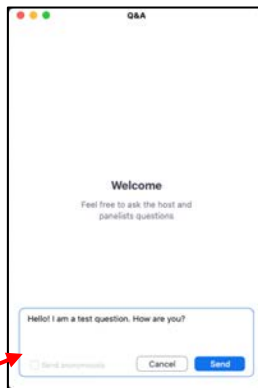
« Les puits à colonne permanente : une opportunité pour le chauffage et la climatisation des bâtiments dans les environnements urbains densément construits »

**Pour nous envoyer vos questions pendant la conférence**

Ouvrez la fenêtre « Q&R » en cliquant sur le bouton au bas de l'écran.



Tapez votre question dans la fenêtre et appuyez sur la touche « Entrée ».



**Pour consulter les présentations et les enregistrements des webinaires**

Voir le site de la chaire :

[www.ivanhoecambridge.uqam.ca](http://www.ivanhoecambridge.uqam.ca)

# Qui sommes-nous ?

Deux unités de recherche  
institutionnelles à l'ESG UQAM

# Chaire Ivanhoé Cambridge d'immobilier

## Mission

Depuis plus de 25 ans, la Chaire Ivanhoé Cambridge d'immobilier de l'ESG UQAM est un lieu privilégié de rencontres où collaborent chercheuses et chercheurs, étudiantes et étudiants, professeures et professeurs, expertes et experts des milieux académiques et professionnels, dans le but de mettre en commun la richesse de leur expérience pour penser l'immobilier autrement et stimuler l'innovation dans l'écosystème immobilier



Partenaire



# OCVI<sup>2</sup>

Observatoire et centre de valorisation  
des innovations en immobilier

**ESG** UQÀM

## Partenaires



# TRANSFORMATION DE L'IMMOBILIER

# PENSER L'IMMOBILIER AUTREMENT !

# Penser l'immobilier autrement | Immobilier + Biodiversité



- Résultats de la COP 27 et de la COP 15 : l'immobilier = un secteur ciblé
- Urgence d'apprendre à gérer les impacts générés par l'immobilier sur les changements climatiques, la protection de la biodiversité et les humains
- Urgence d'apprendre à mieux valoriser les liens entre l'environnement bâti, l'humain et la nature pour un développement durable et inclusif des territoires en milieu urbain
- Urgence de développer la résilience du bâti, des villes et des populations qui y habitent !

# Nos objectifs

- Mieux comprendre les risques liés à la perte de biodiversité et leurs impacts systémiques et écosystémiques sur les immeubles
- Comprendre l'importance pour les acteurs de l'immobilier, surtout en milieu urbain, de protéger la biodiversité pour réduire la vulnérabilité de leurs immeubles et favoriser la résilience des communautés
- Identifier les enjeux et les défis rencontrés par les acteurs de l'immobilier qui veulent implanter des pratiques de gestion de la biodiversité dans leurs immeubles et au sein de leur organisation
- Réfléchir sur des solutions, des mesures et des actions concrètes
- Susciter l'engagement de tous les acteurs de l'écosystème de l'immobilier
- Réfléchir collectivement sur des modes de gouvernance collaborative innovateurs réunissant les acteurs du secteur public et du secteur privé pour promouvoir la protection de la biodiversité et accroître la résilience des communautés

# Messages clés à retenir

- Quels enseignements retenez-vous de cette conférence ?
- Comment les transmettre à votre organisation afin de les mettre en application et de contribuer à la protection de la biodiversité ?
- Comment les chercheur.e.s peuvent vous appuyer dans vos démarches en vue d'améliorer votre résilience et d'adapter vos modes de gestion, de gestion des risques, de gouvernance et de gestion des enjeux ESG, incluant les changements climatiques et la protection de la biodiversité ?

# Série de webinaires | IMMOBILIER + BIODIVERSITÉ

« Les puits à colonne permanente : une opportunité pour le chauffage et la climatisation des bâtiments dans les environnements urbains densément construits »

## Philippe Pasquier, ing., Ph.D.

Titulaire, Chaire de recherche sur  
l'intégration des PCP dans les bâtiments  
institutionnels

Professeur titulaire, Département des génies  
civil, géologique et des mines, Polytechnique  
Montréal



# Série de webinaires | IMMOBILIER + BIODIVERSITÉ

« Les puits à colonne permanente : une opportunité pour le chauffage et la climatisation des bâtiments dans les environnements urbains densément construits »

**Philippe Pasquier, ing., Ph.D., est titulaire de la Chaire de recherche sur l'intégration des PCP dans les bâtiments institutionnels et professeur titulaire au département des génies civil, géologique et des mines de Polytechnique Montréal.**

Ses intérêts de recherche englobent l'interprétation stochastique des essais de réponse thermique, la simulation rapide des systèmes géothermiques (boucle ouverte et fermée, puits à colonne permanente), ainsi que la résolution du problème inverse en géothermie et en hydrogéologie. Il favorise le développement d'outils de conception avancés reposant sur l'utilisation de méthodes spectrales, d'outils d'intelligence artificielle, de méthodes stochastiques, de modèles numériques couplés (thermique-hydraulique-chimique) et d'approches de conception par optimisation financière. Les modèles développés par son groupe sont ultimement validés expérimentalement à l'Unité de recherche en géothermie (URG) dont il est le responsable. Ses travaux visent à réduire les coûts associés à la conception, à la construction et à l'opération des systèmes géothermiques afin de favoriser le déploiement de cette mesure d'économie d'énergie.



## Les puits à colonne permanente : une opportunité pour le chauffage et la climatisation des bâtiments dans les environnements urbains densément construits

20 avril 2023

Philippe Pasquier ing., Ph.D.

Titulaire de la Chaire de recherche en géothermie sur l'intégration des PCP dans les bâtiments institutionnels



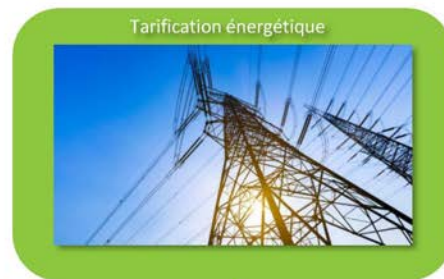
# 1 - Systèmes de chauffage et de climatisation géothermique

Les systèmes géothermiques consomment de 60 à 70% moins d'électricité qu'un calorifère électrique



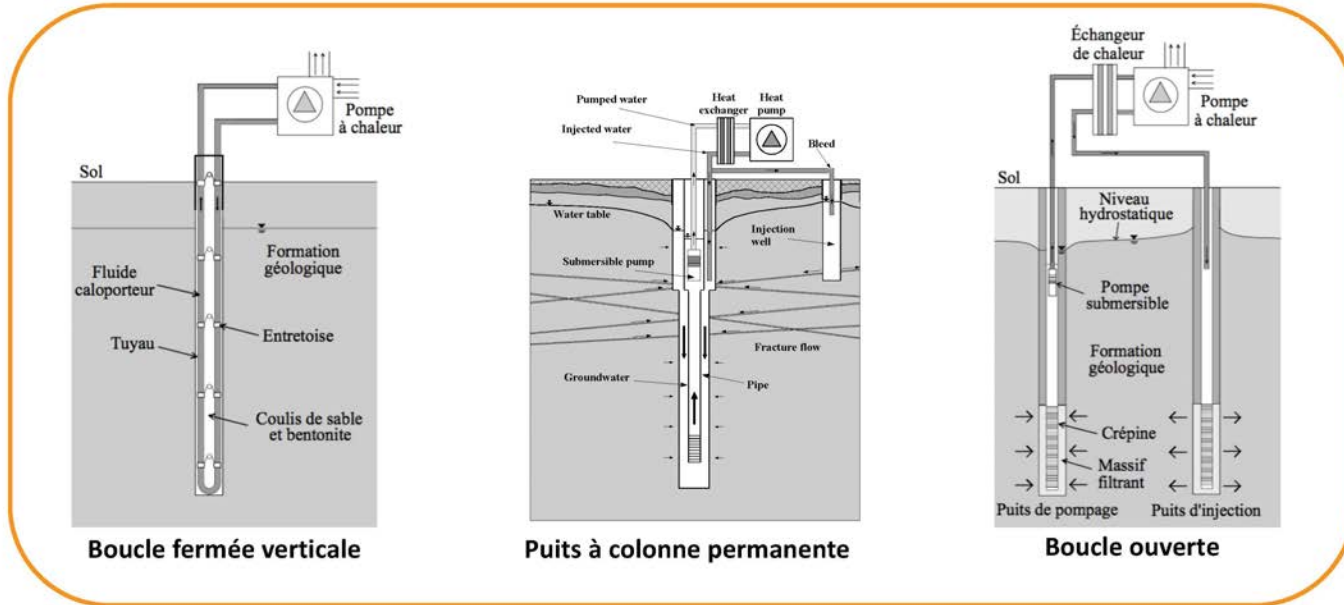
Les systèmes géothermiques réduisent:

- Consommation d'énergie (kWh)
- Appel de puissance (kW)
- Gaz à effet de serre ( $T_{CO_2}$ )
- Coûts énergétiques (\$)



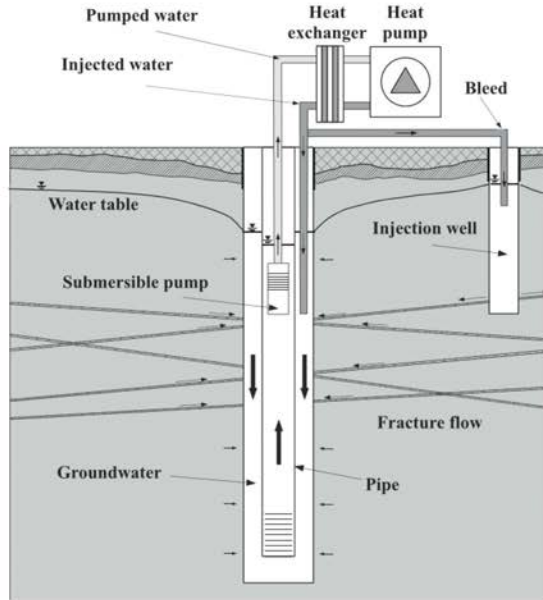
# 1 - Principaux échangeurs de chaleur souterrains

Les boucles fermées verticales sont les échangeurs de chaleur souterrains les plus communs au Canada.



# 1 - Fonctionnement d'un puits à colonne permanente

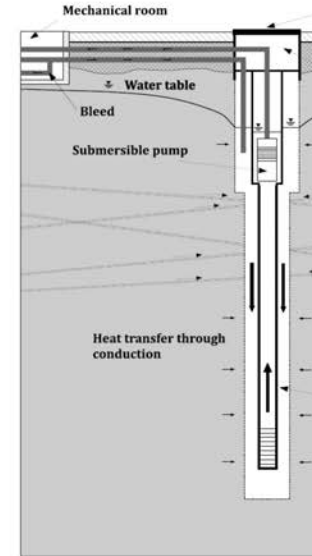
Les puits à colonne permanente (PCP) sont apparus aux États-Unis à la fin des années 1980.



- Un PCP est un puits de 75 à 500 m de profondeur.
- L'eau est pompée à la base du puits et réinjectée à son sommet (ou vice versa).
- Le temps de résidence est long (30-45 min) et la capacité thermique du puits élevée.
- En pointe, le puits est *saigné*, ce qui favorise un apport d'eau souterraine dans le PCP.
- L'eau pompée doit être retournée à l'aquifère d'origine, une exigence réglementaire.
- L'efficacité thermique d'un PCP est environ trois fois celle d'un puits en boucle fermée.
- Les coûts de construction sont 2 à 5 fois moindres que ceux d'un système en boucle fermée.

# 1 - Intégration en milieu urbain

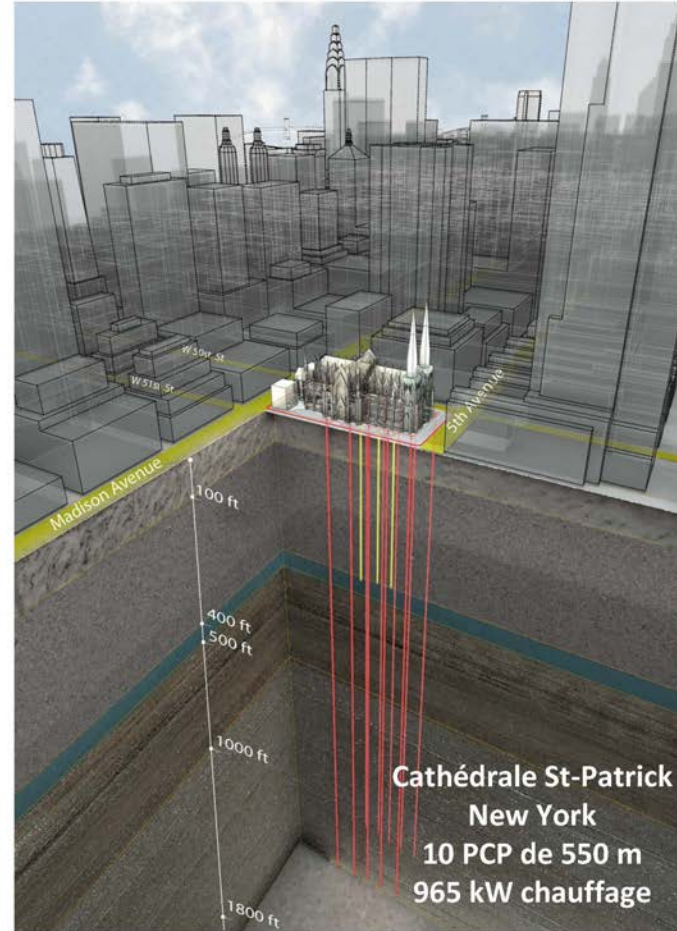
Le réel potentiel des PCP réside dans leur capacité à être intégrés aux bâtiments déjà construits dans les zones urbaines denses où l'installation de puits en boucle fermée est impossible.



Un système bien conçu ne laisse apparaître qu'une boîte de service sur les lieux publics.

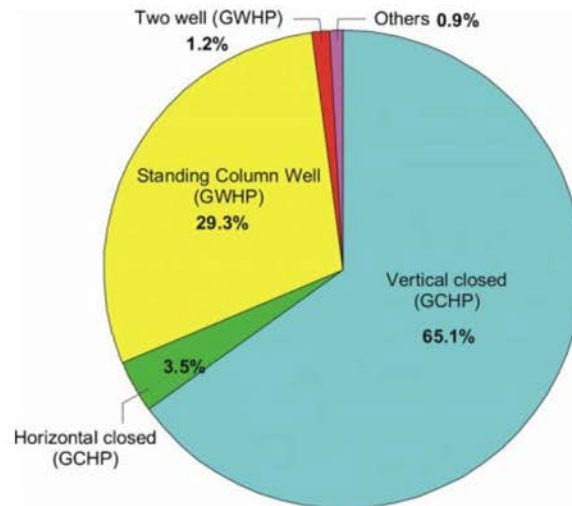


# 1 - Intégration en milieu urbain



# 1 - Potentiel d'économie d'énergie

- 30 000 PCP seraient construits aux États-Unis.
- Les PCP représentent 29% des installations géothermiques en Corée du Sud.
- Des mesures effectuées sur des systèmes en fonctionnement aux États-Unis ont montré que:
  - Six PCP de 455 m avaient généré des économies d'énergie de 686 820 kWh/an pendant neuf ans: **200 tonnes et 115 kW/puits !**
  - Des économies similaires pour un système de 16 PCP et 326 thermopompes: **615 tonnes et 133 kW/puits !**



Source:

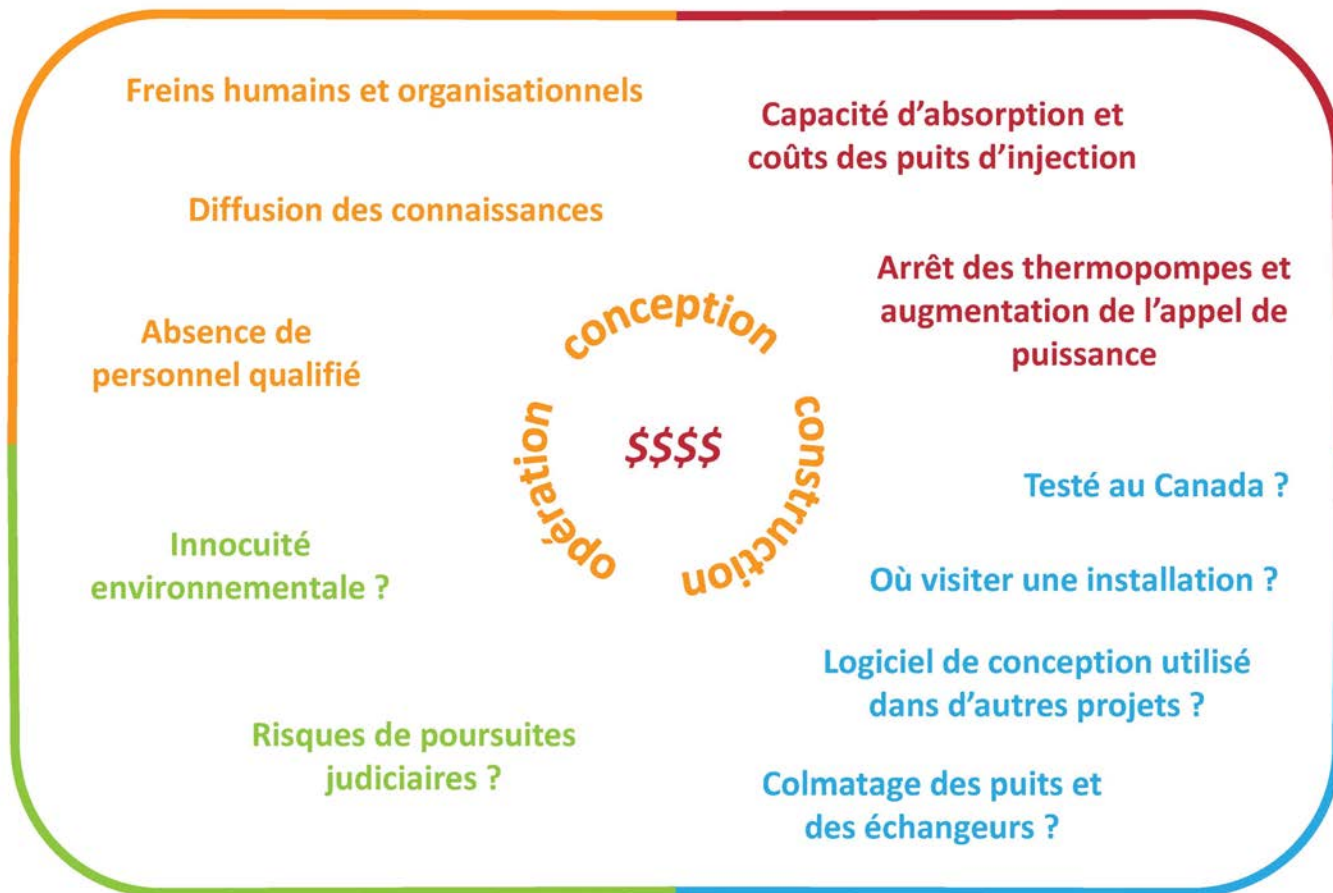
Lee, J.-Y., 2009. Current status of ground source heat pumps in Korea. Renewable and Sustainable Energy Reviews 13, 1560–1568.

Orio, C.D., Johnson, C.N., Poor, K.D., 2006. Geothermal standing column wells: ten years in a New England school. ASHRAE Transactions 112 (2), 57-64.

Orio, C.D., Patnaude, Z.J., 2014. Eight Years of Operation of 615 Ton Geothermal Nursing Home in Northern Tier. ASHRAE Transactions 120.

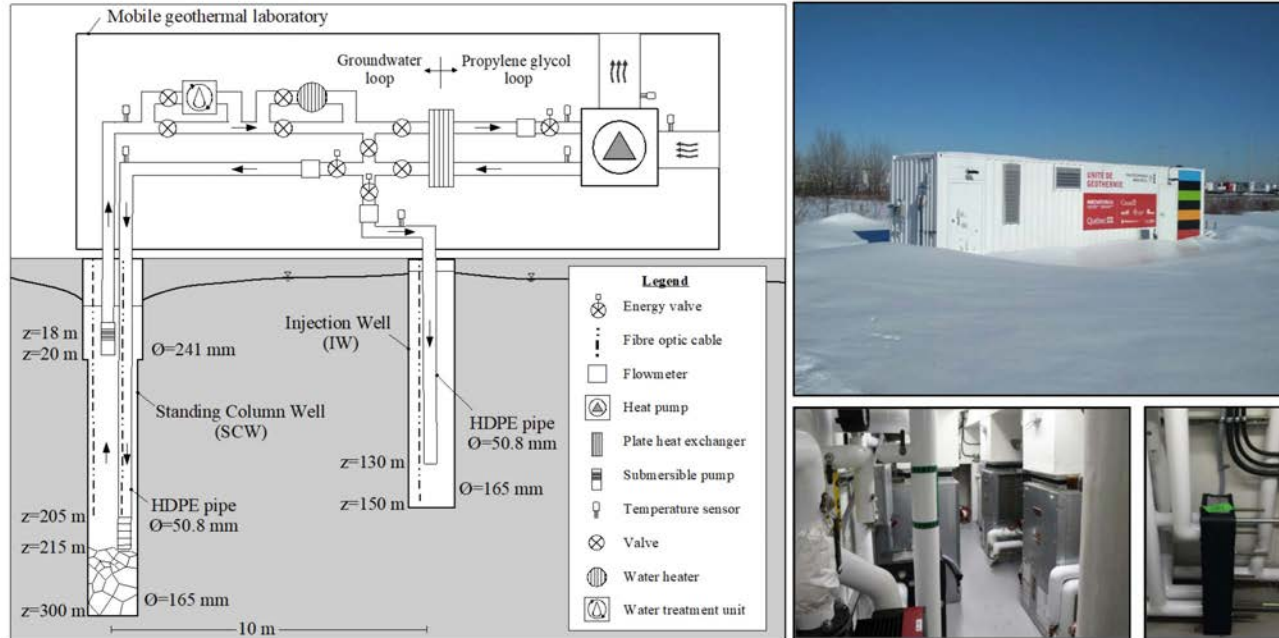


# 1 - Barrières au déploiement des PCP



## 2 - Site de démonstration Varennes

Afin d'étudier les PCP en conditions réelles d'opération, une unité de recherche est entrée en service à Varennes en 2016.



Les principaux champs de recherche touchent à la simulation des PCP, à l'évolution de la qualité de l'eau, à l'opération et au contrôle des PCP en conditions hivernales.

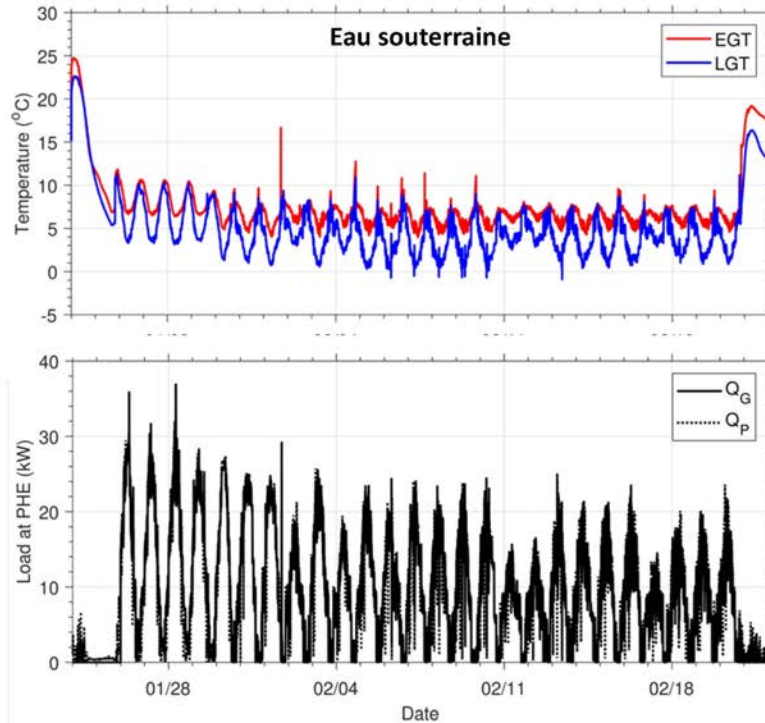
## 2 - Site de démonstration Varennes

L'unité de recherche en géothermie permet d'étudier les PCP en conditions réelles d'opération.



## 2 - Site de démonstration Varennes

L'échangeur de chaleur a été opéré pendant 2 hivers à des températures inférieures à 0 °C.

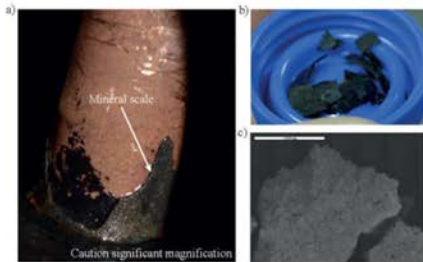
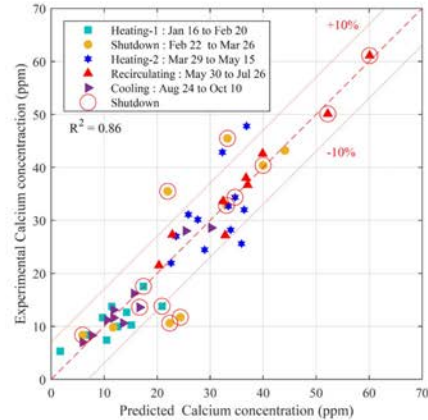


- Aucun problème associé au gel ou au colmatage de l'échangeur.
- Une petite saignée a permis de maintenir l'opération des PàC.
- Les charges couvertes par le PCP de 215 m étaient de 30 kW (45 kW au bâtiment) à un COP moyen de 3.
- La puissance (160 W/m) est 2 à 3 fois plus élevée qu'un puits conventionnel.
- Des problèmes de contrôle n'ont pas permis d'obtenir des COP optimums.



## 2 - Site de démonstration Varennes

L'eau souterraine a été échantillonnée sous diverses conditions d'opération.



- Aucun problème majeur de colmatage observé .
- Des carbonates ont précipité sur un débitmètre.
- Un traitement de l'eau a permis de réduire les concentrations de calcium.
- Les arrêts prolongés des pompes favorisent la précipitation.



### 3 - Objectifs de la Chaire de géothermie

#### Lever rapidement les barrières à l'utilisation des PCP

1 – Réduire l'appel de puissance en pointe et opérer efficacement des PCP

2 – Acquérir, concevoir, valider et démontrer le potentiel des PCP

24 projets de recherche  
35 étudiants



Chaire de recherche  
en géothermie sur  
l'intégration des PCP dans  
les bâtiments institutionnels

3 projets de  
démonstration

3 – Suivre la qualité des eaux souterraines et illustrer l'innocuité des PCP

4 – Former, changer les perceptions, diffuser et transférer des connaissances

# 3 - Objectifs de la Chaire de géothermie

## Activités prévues

- 3 Projets de démonstration
- 8 Partenaires
- 10 Chercheurs
- 24 Projets de recherche
- 34 Étudiants

- Budget de recherche : 2.6 M\$
- Coûts de construction : 2.0 M\$
- Durée : 6 ans

## Activités de formation annuelles

- 1-2 séminaires de formation
- 1 colloque scientifique
- Réunions de conception
- Matériel en ligne  
[www.polymtl.ca/geothermie](http://www.polymtl.ca/geothermie)

- Nombreuses sollicitations ind.
- Participation à des comités CSA
- Collaborations internationales
- IGSHPA 2024 à Polytechnique



Chaire de recherche  
en géothermie sur  
l'intégration des PCP dans  
les bâtiments institutionnels

### Projet de démonstration 1

Consultants

Centre de services  
scolaire des Mille-  
Îles

Entrepreneurs

### Projet de démonstration 2

Consultants

Centre de services  
scolaire de Montréal

Entrepreneurs

### Projet de démonstration 3

Consultants

Centre de services  
scolaire des  
Samars

Entrepreneurs



Québec   
Ministère  
de l'Éducation



# 3 - Résumé des activités de recherche

**Fraction volumique de sédiments**  
**Fosse septique**  
 Plan de coupe  
 Modèle numérique (Fluide-Particules)  
 Centrage de l'eau d'égout

**TEMPERATURE**  
 Température (degC)  
 22  
18  
14  
10  
6  
2  
-2  
-6  
-10  
-14

**BAYESIAN INFERENCE AND SIMULATION**  
 Bayes Theorem  
 $P(\theta|x) \propto P(x|\theta) \cdot P(\theta)$   
 Surrogate model  
 Numerical H and T model  
 P(θ) : Priors  
 P(x|θ) : Likelihood  
 Inferred distributions

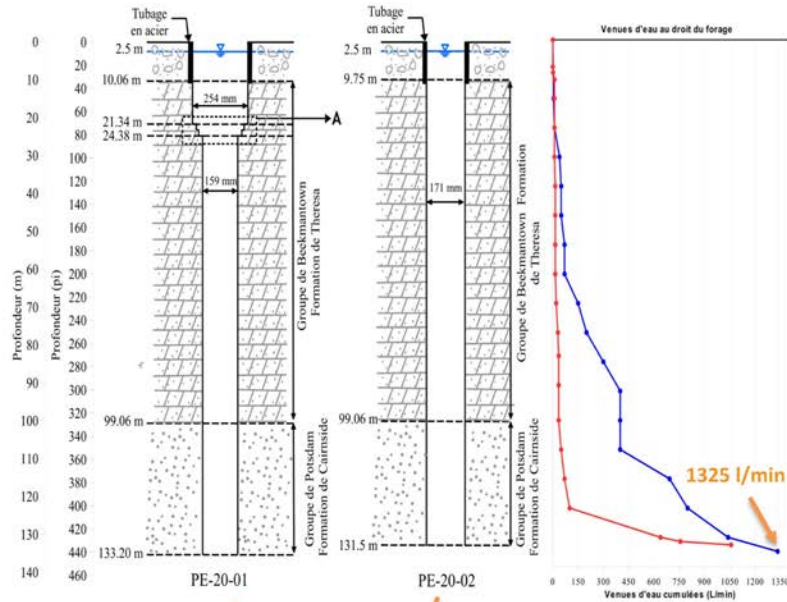
**Regional Groundwater flow**  
 150  
100  
50  
0  
100  
60  
z (m)  
0  
-50  
-100

**ΔT =  $\frac{q I_0 (2\sqrt{b})}{4\pi k} \left( E_i \left( \frac{1}{r} \right) I_0 (2\sqrt{b}) + e^{-1} \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} (-r)^{m+n} \frac{b^n}{n!^2} \right)$**

**MPC CONTROLLER**  
 weather forecast  
 actual weather  
 output  
 error  
 Setpoint

# 4 - Site de démonstration Mirabel - Essai de terrain

## Forages exploratoires de Mirabel (août 2020)



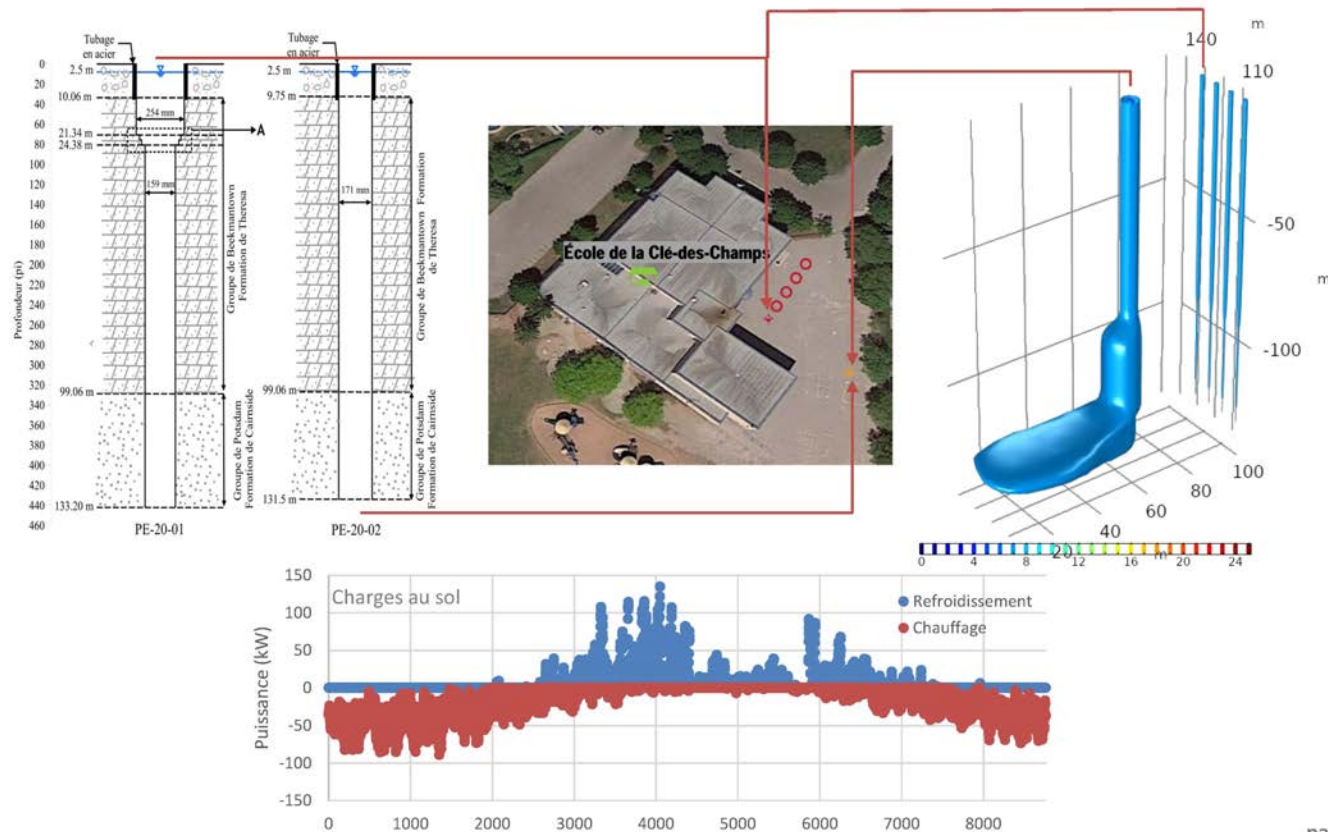
### Paramètres favorables aux PCP:

- ✓ Socle rocheux peu profond
- ✓ Nappe phréatique peu profonde
- ✓ Eau souterraine peu réactive
- ✓ Conductivité thermique élevée
- ✓ Perméabilité moyenne à élevée
- ✓ Fractures à la base du PCP
- ✓ Risque de biocolmatage faible



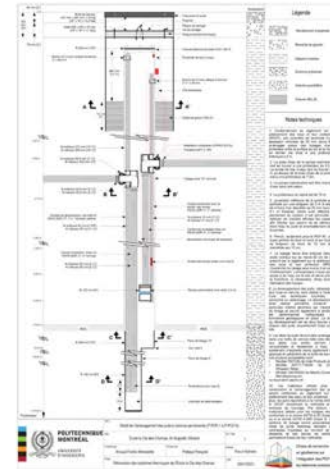
## 4 - Site de démonstration Mirabel - Conception

Nous sommes en mesure de simuler le comportement couplé (thermique et hydraulique) d'un champ de plusieurs PCP.



## 4 - Site de démonstration Mirabel - Conception et suivi env.

- Pour assurer une construction adéquate, des plans et devis détaillés ont été préparés.
- 7 puits d'observation sont aménagés afin de suivre la qualité de l'eau souterraine.
- La demande de Certificat d'Autorisation environnementale a été déposée une fois les plans complétés. Le CA a été obtenu en 6 mois.



## 4 - Site de démonstration Mirabel - Construction



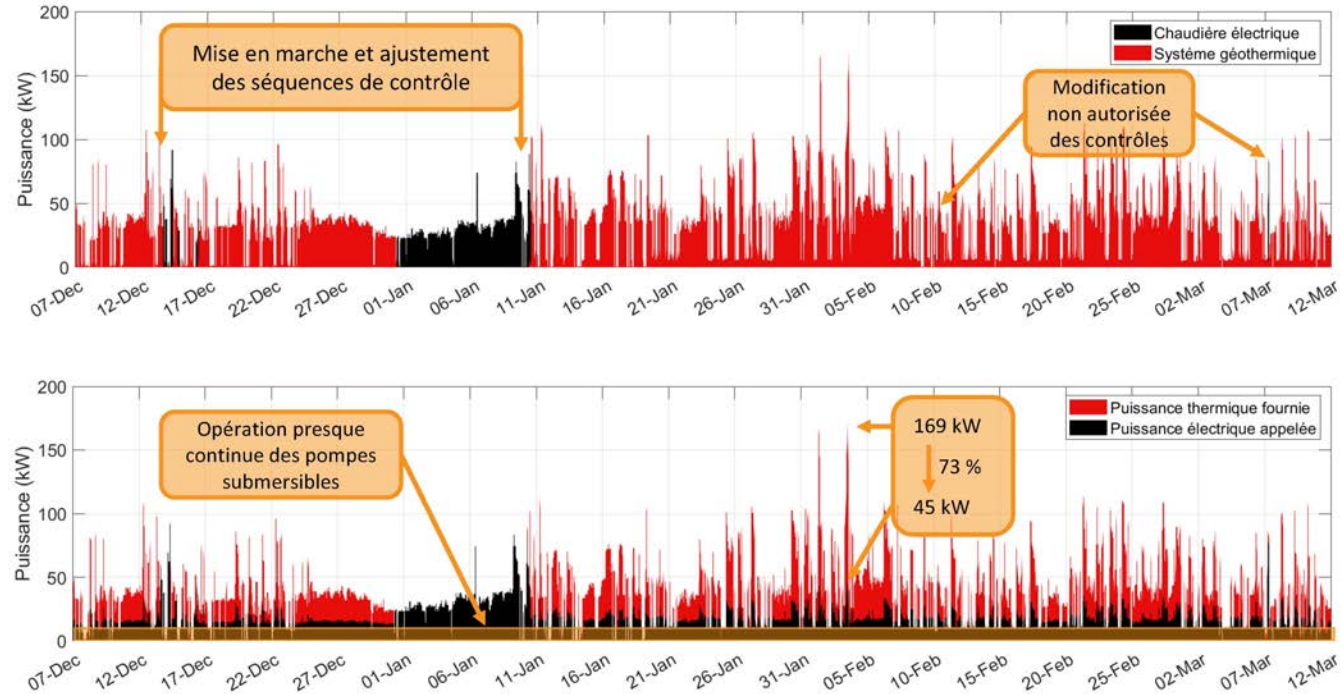
- Coûts de construction 2 fois plus faibles
- Période de construction 60 % plus courte
- Problèmes d'infiltration d'eau
- Pompes submersibles à vitesse variable indisponibles
- Problèmes de contrôle (pompes, chaudière, PàC, sondes)



Ceci est un PCP!



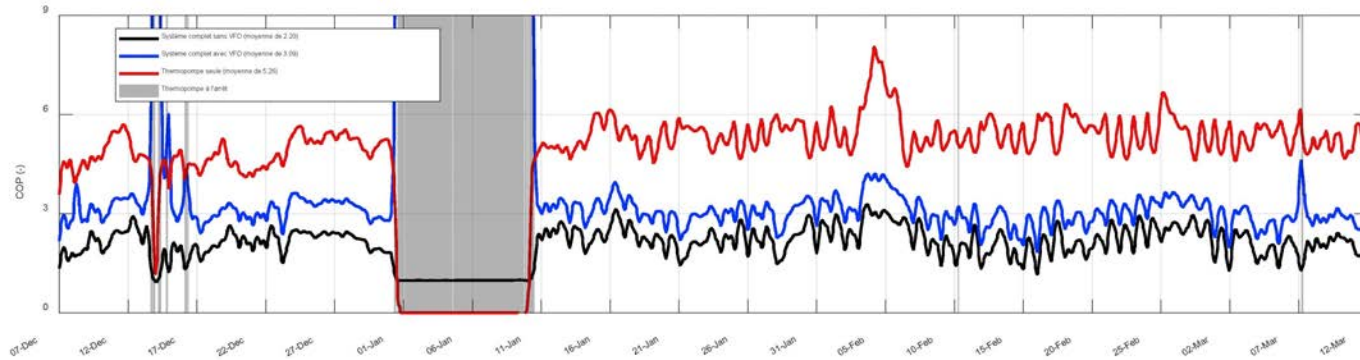
## 4 - Site de démonstration Mirabel - Performances



- Réduction de l'appel de puissance de 73% (169 à 45 kW)
- L'opération continue des pompes submersibles engendre un appel de puissance inutile



## 4 - Site de démonstration Mirabel - Performances

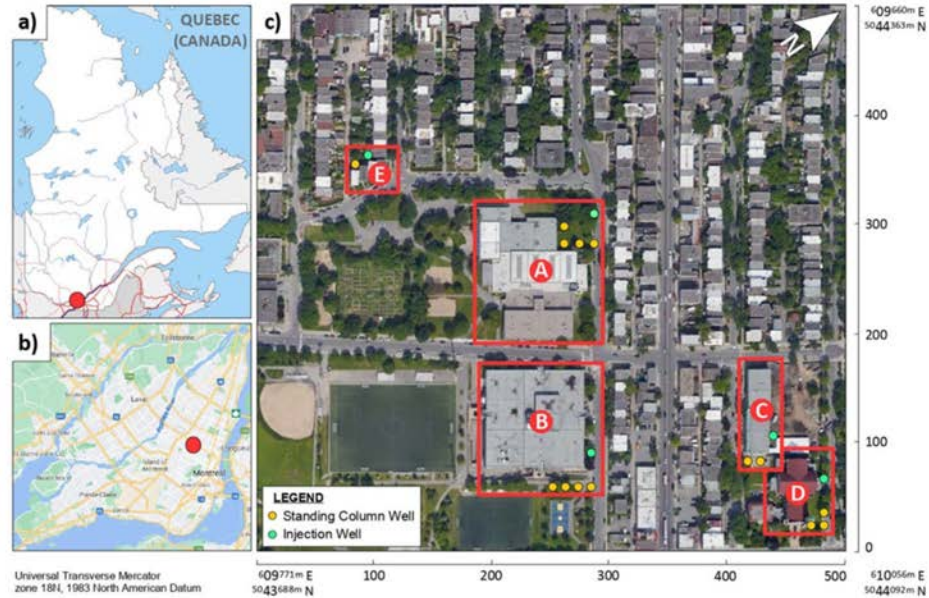


- COP de 2.2 causé par des problèmes de contrôle et de disponibilité des pompes submersibles
- COP de 3.1 en considérant un changement futur des pompes
- Économie d'énergie p/r à des calorifères électriques: 40.6 MWh en 95 jours
- La consommation des pompes est supérieure à celle de la thermopompe:
  - Consommation de 18.2 MWh (devrait être d'environ 5 MWh) versus 14.2 MWh

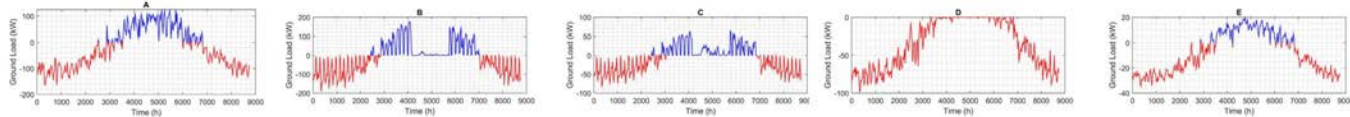


## 5 - Impact des PCP en milieu urbain

Afin d'identifier si plusieurs PCP pouvaient se nuire, les PCP (fictifs) de cinq bâtiments institutionnels du quartier Rosemont ont été modélisés dans un secteur de 500 m x 500 m.

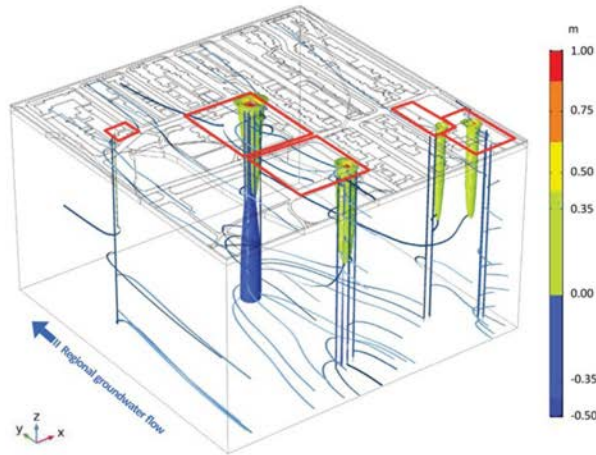


Les besoins thermiques horaires de chaque bâtiment ont été estimés en fonction de leur usage.

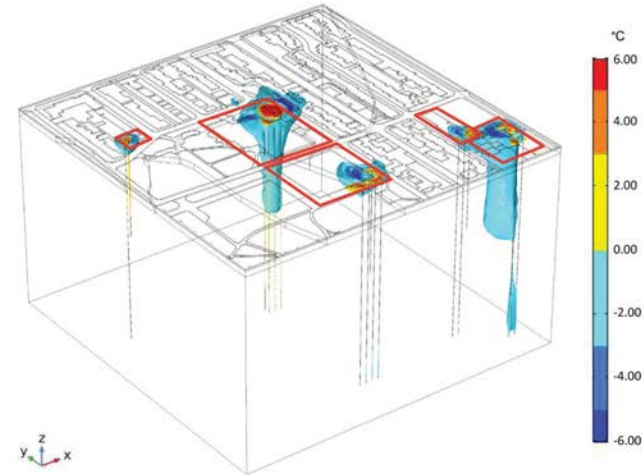


## 5 - Impact des PCP en milieu urbain

Un modèle numérique 3D simulant l'écoulement des eaux souterraines et le transfert de chaleur en milieu géologique a été développé.



Perturbation du niveau des eaux souterraines



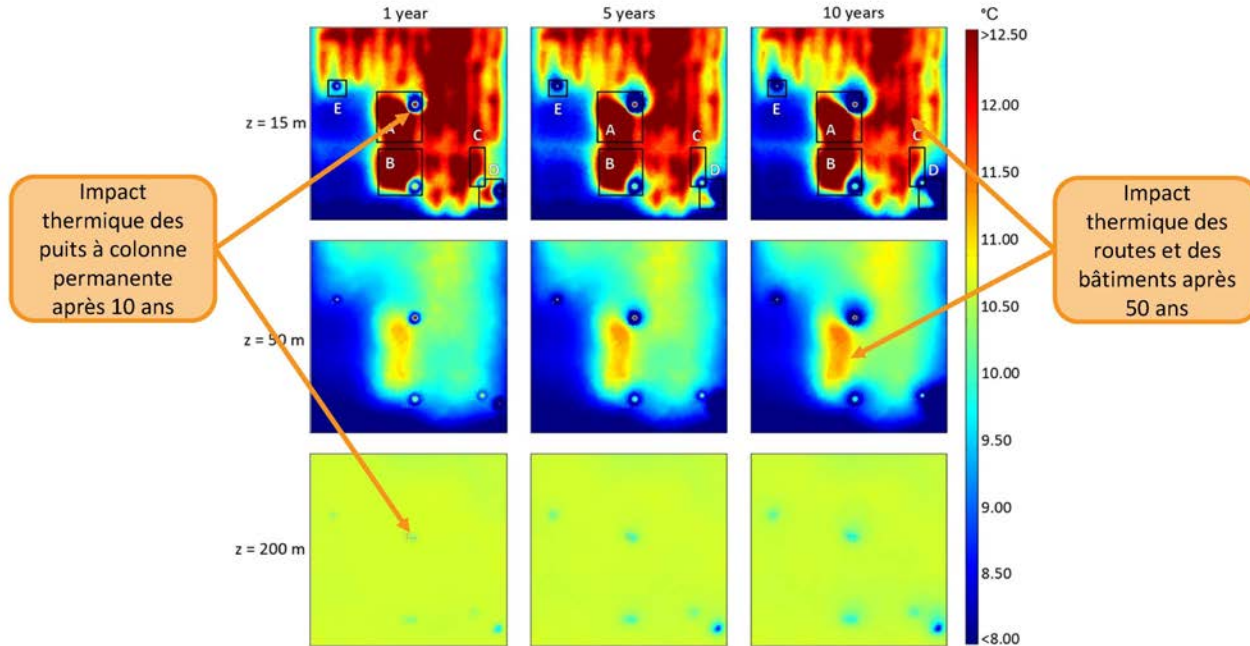
Perturbation de la température des eaux souterraines

- Les perturbations thermiques et hydrauliques sont limitées spatialement et de faible amplitude.
- Une interaction entre les eaux souterraines de systèmes voisins est possible.



## 5 - Impact des PCP en milieu urbain

Le modèle incorpore l'impact thermique des infrastructures routières et des bâtiments afin de tenir compte de l'urbanisation sur les températures souterraines.



- L'interférence thermique entre les systèmes géothermiques est faible.
- Les infrastructures urbaines ont un impact thermique plus important que les PCP.

## 6 - Conclusions

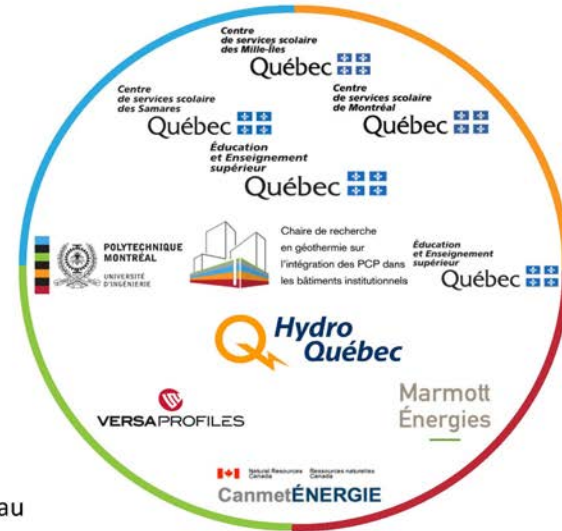
1 - Les systèmes géothermiques utilisant des PCP permettent :

- De réduire la consommation d'énergie (kWh)
- Une opération en conditions hivernales
- Une installation en milieu urbain dense
- De réduire l'appel de puissance (kW)

2 - Les problèmes de contrôle sont fréquents

3 - À ce jour, seulement des problèmes mineurs de qualité de l'eau

4 - Les travaux de la Chaire de géothermie se poursuivront pour encore trois années



# Questions ?



Chaire de recherche  
en géothermie sur  
l'intégration des PCP dans  
les bâtiments institutionnels

Questions: [www.polymtl.ca/geothermie](http://www.polymtl.ca/geothermie)



# Série de webinaires | IMMOBILIER + BIODIVERSITÉ

« Les puits à colonne permanente : une opportunité pour le chauffage et la climatisation des bâtiments dans les environnements urbains densément construits »

## Période de questions

Animée par Sylla Maldini

# Série de webinaires | IMMOBILIER + BIODIVERSITÉ

« Les puits à colonne permanente : une opportunité pour le chauffage et la climatisation des bâtiments dans les environnements urbains densément construits »

## Mot de la fin

# Série de webinaires | IMMOBILIER + BIODIVERSITÉ

« Les puits à colonne permanente : une opportunité pour le chauffage et la climatisation des bâtiments dans les environnements urbains densément construits »

**Pour consulter les présentations et les enregistrements des webinaires de la série**

La présentation de chaque webinaire sera transmise aux participants qui s'y sont inscrits. Elle sera aussi disponible sur le site web de la chaire.

L'enregistrement vidéo des webinaires sera disponible sous peu sur la page Web de la Chaire :

[www.ivanhoecambridge.uqam.ca](http://www.ivanhoecambridge.uqam.ca)

Pour recevoir nos nouvelles, n'oubliez pas de vous inscrire sur la liste d'abonnés sur notre site web à : <https://uqam.us9.list-manage.com/subscribe?u=0764766cfdffbd5e14a53f8ab&id=e7a11000df>

# Série de webinaires | IMMOBILIER + BIODIVERSITÉ

## Comment mobiliser les chercheurs dans les projets urbains innovateurs en biodiversité?

*Retour sur les expériences réalisées dans l'arrondissement Rosemont-La Petite Patrie*

**Jeudi 4 mai 2023 de 11h30 à 13h00**



*Maire de Rosemont-La Petite-Patrie de 2009 à 2021, **François William Croteau**, MBA, Ph.D., est professeur associé au département de stratégie, responsabilité sociale et environnementale, ESG UQAM et chercheur associé à la Chaire Ivanhoé Cambridge d'immobilier. Conseiller stratégique chez Ryan Affaires publiques, chroniqueur au journal Le Devoir et membre du Comité science et politique au Bureau du scientifique en chef du Québec, il est aussi président-directeur général de l'Institut de la résilience et de l'innovation urbaine.*

Les défis climatiques ont des impacts importants sur les villes. Mais par leur stratégie d'aménagement du territoire, les villes contribuent à générer des GES et à réduire leur capacité d'adaptation aux impacts du réchauffement de la planète. Pour renverser la tendance, les administrations publiques doivent changer radicalement leur approche et tendre vers de nouvelles manières d'aménager l'espace urbain. Pour y arriver, les chercheurs doivent y contribuer pour générer de l'innovation et expérimenter. C'est ce que Rosemont-La-Petite-Patrie a réalisé dans la cadre de sa stratégie de corridors verts et de biodiversité ainsi que de planification de sa réglementation d'urbanisme.

# Webinaire | IMMOBILIER + BIODIVERSITÉ

« Les puits à colonne permanente : une opportunité pour le chauffage et la climatisation des bâtiments dans les environnements urbains densément construits »

Pour en savoir plus sur nos projets de recherche en cours  
et sur la série de webinaires

« IMMOBILIER + BIODIVERSITÉ », visitez notre site web à :

[www.ivanhoecambridge.uqam.ca](http://www.ivanhoecambridge.uqam.ca)



# Webinaire | IMMOBILIER + BIODIVERSITÉ

« Les puits à colonne permanente : une opportunité pour le chauffage et la climatisation des bâtiments dans les environnements urbains densément construits »

## Merci pour votre attention!