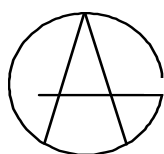


Service cantonal de l'énergie (SCANE)
Services industriels de Genève (SIG)

EVALUATION DU POTENTIEL GEOtherMIQUE DU CANTON DE GENEVE - PGG

Rapport de synthèse

Elaboré par le **GROUPE DE TRAVAIL PGG** :



GEOTECHNIQUE APPLIQUEE DERIAZ S.A.(GADZ), pilote
Centre d'hydrogéologie et de géothermie (CHYN)
Jules Wilhelm, Ingénieur conseil

Novembre 2011

Historique

version 1	25.10.2011	Version provisoire de relecture interne
version 2	27.10.2011	Version provisoire de relecture interne
version 3	28.10.2011	Version provisoire de relecture ScanE / SIG
Version 4	22.11.2011	Version finale

Impressum

Date : novembre 2011

Dossier GADZ : Evaluation du potentiel géothermique du canton de Genève - PGG

N° dossier GADZ : 5357.5

N° rapport GADZ : 5357/3

Réalisation : groupe de travail PGG

Financement : Etat de Genève - Service cantonal de l'énergie - ScanE
 SIG - Services industriels de Genève

Adresses et coordonnées :

Géotechnique appliquée Dériaz SA (GADZ)

Bureau et laboratoire : 9, chemin des Vignes, 1213 Petit-Lancy / Genève

Agence Le Mont : 22, route du Grand-Mont, 1052 Le Mont/Lausanne

Centre d'Hydrogéologie et de Géothermie (CHYN)

Université de Neuchâtel

Rue Emile-Argand 11

CH - 2000 Neuchâtel

Jules Wilhelm, Ingénieur conseil

26, ch. du Fau-Blanc

CH – 1009 Pully

Citation :

Groupe de travail PGG, 2011. Evaluation du potentiel géothermique du canton de Genève (PGG). Rapport de synthèse.

1. Introduction

Les questions énergétiques sont devenues un des enjeux majeurs de notre époque. Le constat est clair : nous consommons trop, mal, et sommes dépendants de ressources hors territoire genevois.

Il est dès lors indispensable de revoir nos modes d'approvisionnement, de transformation et d'utilisation de l'énergie. Le Canton de Genève a entrepris de relever ce défi. Dans sa politique de l'énergie fondée sur l'article 160^E de la Constitution et incarnée à chaque législature par la Conception générale de l'énergie, le Canton de Genève a officiellement adopté le principe d'atteindre la société à 2'000 Watts sans nucléaire le plus rapidement possible, ce qui implique une réduction massive de la consommation d'énergie par habitant. De plus, sur le total, 1'500 Watts devront être d'origine renouvelable contre 500 d'origine fossile.

Le développement des énergies renouvelables est donc une priorité clairement exprimée. Parmi celles-ci, la géothermie offre des perspectives particulièrement intéressantes. En effet, la chaleur de la Terre représente une source d'énergie quasiment inépuisable. De plus, elle est disponible localement, sous nos pieds, exploitable au travers de diverses techniques, de faible ou de grande profondeur, pour la plupart déjà éprouvées et maîtrisées.

Fin 2009, le Service de l'énergie (ScanE) et les SIG ont mandaté un groupement d'étude pour évaluer le potentiel géothermique du canton de Genève (PGG).

Le rapport final de cette évaluation a été achevé en octobre 2011.

Le présent document est une synthèse générale du rapport PGG qui constitue un état des lieux des potentialités de la géothermie dans la région genevoise à partir duquel des stratégies futures de valorisation de cette ressource pourront être développées.

2. Géologie du Bassin genevois

Le Bassin genevois est limité par des reliefs (Jura, Vuache et Salève) dans lesquels on peut observer des couches de calcaires et de marnes datant du Trias, du Jurassique (Lias, Dogger et Malm) et du Crétacé (ère secondaire entre -200 et -60 millions d'années). Ces couches rocheuses passent en profondeur sous le Bassin genevois. Le sommet de ces couches est incliné depuis le NW vers le SE, ce qui fait qu'on les trouve vers 300 m de profondeur dans le secteur de La Plaine et à plus de 1'300 m à Thônex. Leur épaisseur totale est de l'ordre de 2.5 à 3 km. A ces profondeurs et lorsqu'elles sont fracturées, les roches calcaires sont potentiellement le siège de circulations d'eau chaude. Ces formations reposent sur le socle (socle cristallin granitique et sédiments détritiques datant du Permo-Carbonifère) dont la profondeur est estimée entre 3.5 et 4 km.

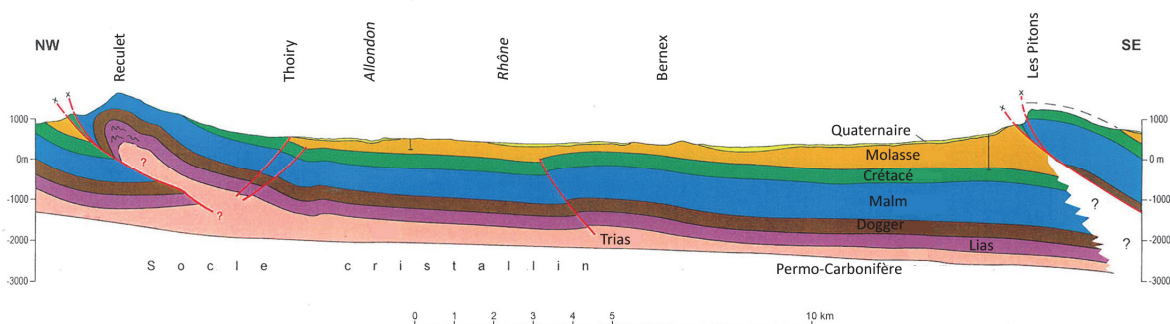


Figure 1 : Coupe géologique du Bassin genevois (Charollais, 2007)

Au-dessus de ces formations, on trouve, comme partout ailleurs sur le Plateau suisse, une couche relativement importante de Molasse, roche détritique provenant initialement du produit de l'érosion très active des Alpes lors de leur formation. A Genève, la Molasse est principalement composée de grès et de marnes

sur une épaisseur variant entre 300 m et plus de 1'000 m, s'épaississant régulièrement vers le sud-est. Elle est d'âge tertiaire (-65 à -2 millions d'années). Elle affleure dans divers secteurs du canton.

L'ère quaternaire (-2 millions d'années à aujourd'hui), enfin, est marquée par les avancées et reculs des glaciers qui ont recouvert en grande partie la Bassin molassique jusqu'à une altitude de 1'200 m. A Genève, on retrouve les dépôts d'au moins deux cycles glaciaires. Il s'agit de moraines, de dépôts fluvio-glaciaires et glacio-lacustres puis alluvionnaires récents, composés de limons, argiles, sables et graviers dont sont composés la majorité des terrains visibles chez nous, soit en affleurements naturels, soit dans les chantiers. C'est dans ce complexe quaternaire que l'on trouve les nappes d'eau souterraines de faible profondeur, lorsque se sont développés des niveaux perméables de sables et graviers dans le sous-sol.

A Genève, les installations géothermiques de faible profondeur (jusqu'à 400 m selon les techniques utilisées) concernent les formations quaternaires et la Molasse tertiaire, alors que les installations de grande profondeur (jusqu'à plusieurs km) visent à exploiter la chaleur dans les couches de l'ère secondaire et dans le socle cristallin.

3. Les ressources géothermiques disponibles à Genève

Il existe différentes techniques pour exploiter la chaleur de la Terre dont les principales sont illustrées dans la figure 2.

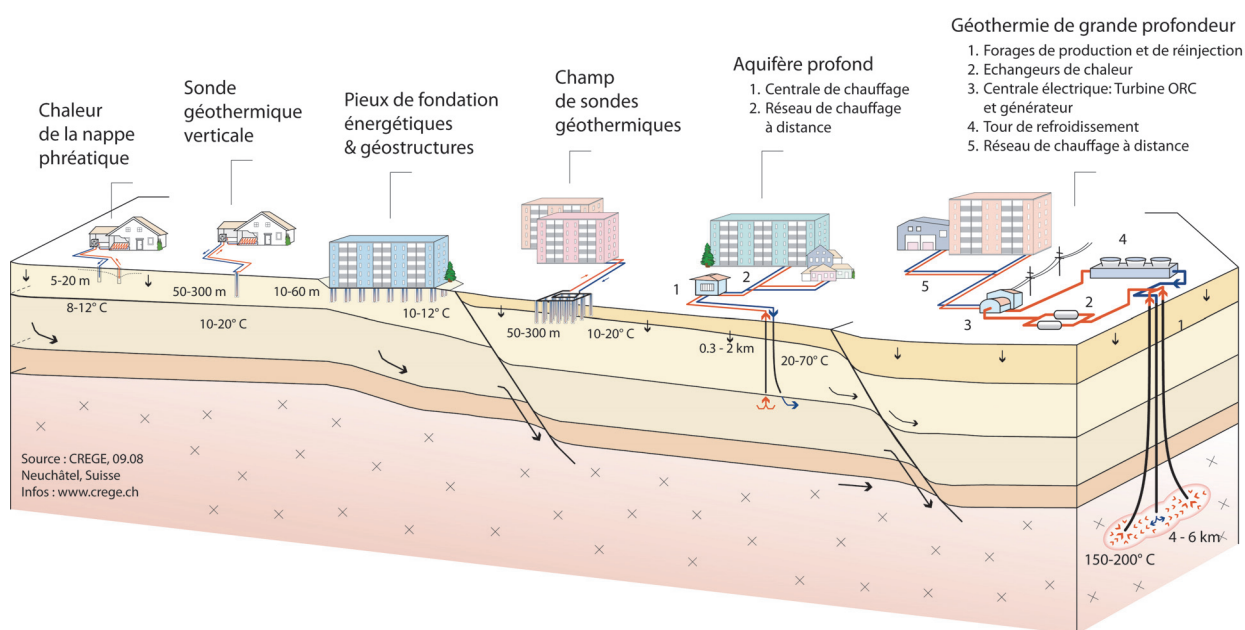


Figure 2 : Différents types d'exploitation de la chaleur géothermique (CREGE, 2008)

Elles sont toutes réalisables à Genève et font l'objet de six fiches descriptives, ciblées sur le contexte genevois, dans l'ordre suivant :

Géothermie de faible profondeur (production de chaleur et de froid)

Fiche 1 : Sondes géothermiques verticales (y compris les champs de plusieurs dizaines sondes)

Fiche 2 : Géostructures énergétiques

Fiche 3 : Exploitation des nappes phréatiques peu profondes

Fiche 4 : Stockage saisonnier

Géothermie de grande profondeur (production de chaleur et d'électricité)

Fiche 5 : Exploitation des aquifères profonds

Fiche 6 : Systèmes stimulés

Fiche 1 : SONDES GEOTHERMIQUES VERTICALES (SGV)

1. Principe du système

Extraction de la chaleur du sous-sol par un échangeur thermique installé dans un forage vertical. Un circuit fermé d'eau apporte la chaleur du terrain en surface, énergie qui est ensuite valorisée au moyen d'une pompe à chaleur (PAC).

2. Potentiel estimé

Chaleur : > 1'200 GWh/an (au moins 20% de la demande cantonale actuelle en énergie de chauffage)

Froid : > 1'000 GWh/an

3. Caractéristiques de la méthode

- Méthode adaptée pour fournir de la chaleur en hiver et de la fraîcheur en été pour des maisons individuelles (1 à 3 sondes) et pour de grands bâtiments (champs de 10 à plus de 100 sondes).
- Énergie disponible à toute heure de la journée, indépendamment des conditions climatiques.
- En principe, exploitation locale de la chaleur (sondes réalisées à proximité des bâtiments). Possibilité de grouper plusieurs utilisateurs sur une installation et transport possible de l'énergie dans le cas de grosses installations (réseau local).
- Larges possibilités d'implantation à Genève (environnement géologique favorable sur 80 % du territoire).
- Méthode fiable, économique, éprouvée et maîtrisée : en 2010, plus de 65'000 sondes en Suisse (plus de 1'000 à Genève).

4. Données technologiques principales

La température du sous-sol est de l'ordre de 12 à 20°C au maximum aux profondeurs atteintes actuellement par les sondes (en général 100 à 300 m, voire 400 m). Une PAC est donc indispensable pour valoriser cette énergie géothermique de basse température, ce qui implique un apport d'énergie électrique d'environ 25% par rapport à la chaleur totale fournie au bâtiment.

5. Perspectives d'évolution technique

- Augmentation du coefficient de performance des PAC (moins d'énergie électrique nécessaire).
- Augmentation de la profondeur des sondes (jusqu'à 800 m), permettant une meilleure efficacité et peut-être même de se passer d'une PAC.

6. Conditions de durabilité

Une recharge thermique du terrain est indispensable pour les champs de sondes et conseillée pour les sondes individuelles en cas de forte densité régionale (planification globale nécessaire).

7. Risques et incertitudes

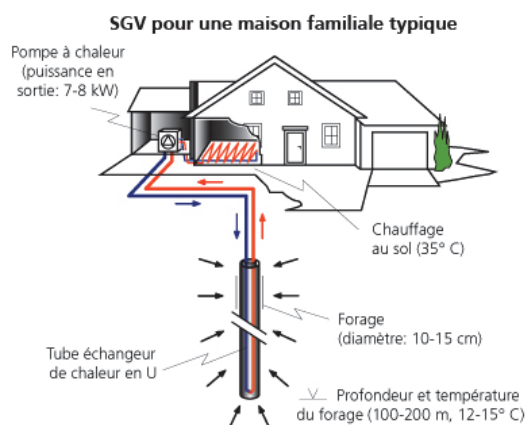
Cette méthode induit un risque vis-à-vis des eaux souterraines, clairement décrit dans les directives fédérales en la matière. A Genève, ce risque est maîtrisé dans la procédure de demande d'autorisation (préavis du Service de Géologie, sols et déchets – GESDEC).

8. Actions à mener pour le développement dans le canton

- Planification et coordination à l'échelle cantonale (pour éviter un développement mal coordonné et incomplet de la ressource).
- Etablir ou adapter la réglementation cantonale précisant les modalités d'utilisation.

9. Horizon temporel (à Genève)

Développement important, de type exponentiel (tendance déjà en cours). Il y aura probablement plus de 5'000 sondes à Genève en 2030.



Fiche 2 : GEOSTRUCTURES ENERGETIQUES (GEN)

1. Principe du système

Production de chaleur et de froid par échange thermique entre le sous-sol et des structures de fondation ou de soutènement en béton. Principe similaire à celui des sondes géothermiques et valorisation au moyen d'une pompe à chaleur (PAC).

2. Potentiel mobilisable estimé à l'horizon 2030 (pieux énergétiques)

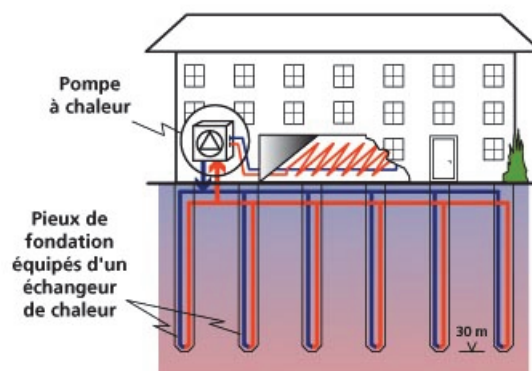
- Chaleur : **30 GWh/an** Froid : entre **9 et 30 GWh/an**

3. Caractéristiques de la méthode

- Méthode adaptée pour fournir de la chaleur en hiver et de la fraîcheur en été, à tout bâtiment fondé sur pieux ou se trouvant à proximité de géostructures (pieux, paroi, dalle, radier) en contact avec le sol.
- Energie disponible à toute heure de la journée, indépendamment des conditions climatiques.
- Exploitation locale de la géothermie à faible profondeur. Possibilité de grouper plusieurs utilisateurs sur une installation et transport possible dans le cas de grosses installations (réseau local).
- Bonnes possibilités de développement à Genève, environnement géologique favorable surtout le long de l'important sillon argileux qui prolonge le Lac.
- Méthode fiable et économique, mais relativement peu d'expérience en Suisse romande, une seule installation en service à Genève.

4. Données technologiques principales

La température du sous-sol est de l'ordre de 8 à 12°C au maximum aux profondeurs atteintes actuellement par les géostructures (entre 10 et 40 m). Une PAC est donc indispensable pour valoriser cette énergie géothermique de basse température, ce qui implique un apport d'énergie électrique d'environ 25% par rapport à l'énergie thermique totale fournie au bâtiment.



5. Perspectives d'évolution technique

- Augmentation du coefficient de performance des PAC (moins d'énergie électrique nécessaire).
- Meilleure maîtrise de la technique par les planificateurs et les entreprises (baisse des coûts).

6. Conditions de durabilité

Les critères à la base de la conception et de l'exploitation assurant la longévité des installations couplées à des géostructures sont désormais bien définis, et doivent être rigoureusement respectés, notamment en ce qui concerne la recharge thermique du terrain.

7. Risques et incertitudes

Risque d'atteintes aux eaux souterraines, tel que défini dans les directives fédérales en la matière. A Genève, ce risque est maîtrisé dans la procédure de demande d'autorisation (préavis du Service de Géologie, sols et déchets – GESDEC).

8. Actions à mener pour le développement dans le canton

- Planification et coordination à l'échelle cantonale (pour éviter un développement mal coordonné et incomplet de la ressource).
- Etablir ou adapter la réglementation cantonale précisant les modalités d'utilisation.
- Encourager et soutenir la formation des professionnels.

9. Horizon temporel (à Genève)

Les importants travaux de construction planifiés au cours des prochaines décennies, liés à des géostructures, constituent une bonne opportunité pour l'application de cette technique (PAV, SOVALP, Cherpines, CEVA, etc.)

Fiche 3 : NAPPES PHREATIQUES PEU PROFONDES (NAP)

1. Principe du système

Extraction de la chaleur des eaux souterraines par pompage dans un forage ou un puits. Valorisation nécessaire avec une pompe à chaleur (PAC).

2. Potentiel estimé

Environ 110 GWh/an pour le chauffage (2% de la demande cantonale actuelle en énergie de chauffage)

Environ 80 GWh/an pour le refroidissement (sans besoin de PAC)

3. Caractéristiques de la méthode

- Méthode adaptée pour fournir de la chaleur en hiver et de la fraîcheur en été pour de grands bâtiments (nappes principales) et pour des maisons individuelles (nappes superficielles).
- Energie disponible à toute heure de la journée, indépendamment des conditions climatiques.
- En principe, exploitation locale de la chaleur (puits réalisés à proximité des bâtiments). Possibilité de grouper plusieurs utilisateurs sur une installation et transport possible dans le cas de grosses installations.
- Possibilités d'implantation intéressantes à Genève (nombreuses nappes souterraines).
- Méthode fiable, économique, éprouvée et maîtrisée, mais encore relativement peu utilisée (quelques installations seulement à Genève).

4. Données technologiques principales

La température moyenne des eaux souterraines est de l'ordre de 8 à 15°C. Une PAC est donc indispensable pour valoriser cette énergie géothermique de basse température, ce qui implique un apport d'énergie électrique d'environ 20% par rapport à l'énergie thermique totale fournie au bâtiment. En revanche, le système peut fournir de la fraîcheur en été, sans besoin de PAC, compte tenu de la relative stabilité de la température de l'eau.

5. Perspectives d'évolution technique

Augmentation du coefficient de performance des PAC (moins d'énergie électrique nécessaire).

6. Conditions de durabilité

Une recharge thermique de la nappe est à promouvoir autant que possible.

7. Risques et incertitudes

Cette méthode induit un risque vis-à-vis des eaux souterraines, clairement décrit dans les directives fédérales en la matière. A Genève, ce risque est maîtrisé dans la procédure de demande d'autorisation (préavis du Service de Géologie, sols et déchets – GESDEC).

Les caractéristiques des nappes souterraines ne sont pas homogènes, ce qui implique une étude de faisabilité hydrogéologique pour chaque installation, tenant compte également des influences mutuelles d'installations voisines. Une étude n'aboutit pas forcément à une possibilité d'installation (risque financier initial).

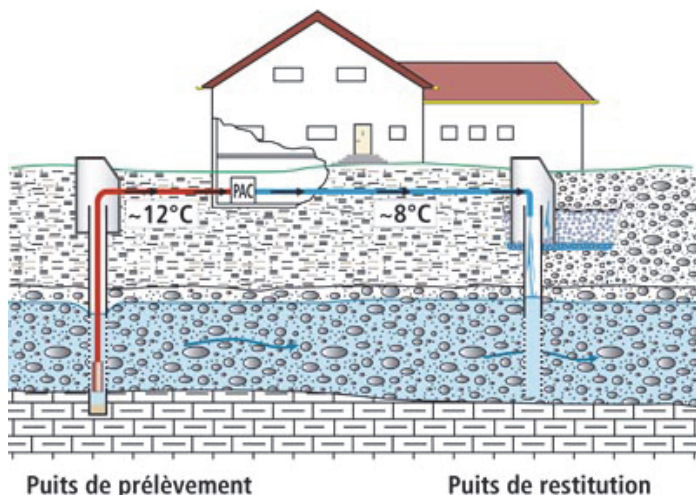
8. Actions à mener pour le développement dans le canton

- Planification et coordination à l'échelle cantonale (pour éviter un développement mal coordonné et incomplet de la ressource).
- Etablir ou adapter la réglementation cantonale précisant les modalités d'utilisation.

9. Horizon temporel (à Genève)

Développement modéré. On peut estimer qu'il y aura plusieurs dizaines d'installations à Genève en 2030.

Utilisation de l'eau souterraine afin de chauffer un bâtiment



Fiche 4 : STOCKAGE SAISONNIER

1. Principe du système

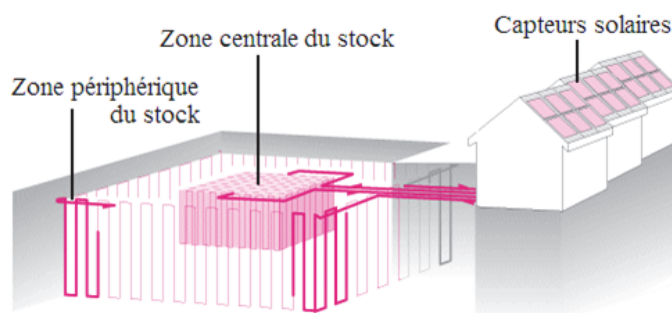
Stockage saisonnier de chaleur dans le sous-sol pour compenser le décalage temporel entre les périodes de production (été) et d'utilisation (hiver). Le système fonctionne également pour le froid. Valorisation avec ou sans pompe à chaleur (PAC), selon le type de projet et les gammes de températures utilisées.

2. Potentiel estimé

Difficile à estimer car il dépend des projets : probablement quelques GWh/an.

3. Caractéristiques de la méthode

- Cette technique peut s'appliquer dans le sol (couplage avec des sondes géothermiques), dans les nappes souterraines (avec puits) ou dans des systèmes artificiels (par exemple un réservoir d'eau enterré).
- La source de chaleur du stock peut être multiple (rejets de production de froid, machines, équipements électriques, solaire, ...).
- Méthode plutôt adaptée pour de gros projets.
- Possibilité de grouper plusieurs utilisateurs sur une installation et transport possible.
- Possibilités d'implantation intéressantes à Genève.
- Méthode encore relativement peu utilisée (à Genève, aucune installation mais plusieurs projets)



4. Données technologiques principales

Le stockage de la chaleur dans le sol ou dans une nappe équivaut à travailler sur les mêmes principes que la géothermie de basse température (entre 5 et 30°C) avec nécessité d'une PAC, ce qui implique un apport d'énergie électrique d'environ 25% par rapport à l'énergie totale fournie.

Dans le cas de systèmes artificiels, les températures de travail (entre 30 et 80°C) permettent une utilisation directe de la chaleur, sans PAC.

5. Perspectives d'évolution technique

Augmentation du coefficient de performance des PAC (moins d'énergie électrique nécessaire).

6. Conditions de durabilité

Le concept même de stockage est basé sur le principe de durabilité par l'utilisation d'une énergie récupérée.

7. Risques et incertitudes

Les systèmes avec PAC induisent le même risque potentiel que les exploitations de sondes, de géostructures ou des nappes vis-à-vis des eaux souterraines, clairement décrit dans les directives fédérales en la matière. A Genève, ce risque est maîtrisé dans la procédure de demande d'autorisation (préavis du Service de Géologie, sols et déchets – GESDEC).

Dans le cas de stockage à température élevée, les impacts éventuels sur le sous-sol et les eaux souterraines doivent être soigneusement étudiés et évalués, de même que les aspects techniques (minimiser les pertes de chaleur dans le terrain, phénomènes de précipitation chimique dans les eaux chauffées...).

8. Actions à mener pour le développement dans le canton

- Planification et coordination à l'échelle cantonale, pour éviter un développement mal coordonné et incomplet de la ressource et permettre de centraliser les retours d'expérience.
- Etablir ou adapter la réglementation cantonale précisant les modalités d'utilisation.

9. Horizon temporel (à Genève)

Développement modéré. On peut estimer qu'il y aura une dizaine d'installations à Genève en 2030.

Fiche 5 : AQUIFERES PROFONDS (APR)

1. Principe du système

Extraction de la chaleur du sous-sol par pompage dans un forage du fluide d'une formation géologique profonde (> 400 m). Après passage dans un échangeur de chaleur, le fluide géothermique est réinjecté dans un deuxième forage (principe du doublet géothermique). L'utilisation d'une pompe à chaleur (PAC) est nécessaire si la température de la ressource n'atteint pas celle des besoins de consommation. Par contre, au-dessus de 110°C, une production conjointe de chaleur et d'électricité peut être envisagée.

2. Potentiel estimé

Le manque de connaissances du sous-sol profond et de leurs aquifères ne permet pas d'établir un potentiel réel. Si d'ici 2030, 10 doublets géothermiques sont réalisés avec succès pour du chauffage à distance, la production géothermique annuelle serait de 200 GWh thermiques, respectivement de 20 GWh électriques.

3. Caractéristiques de la méthode

- Production de chaleur en hiver par un réseau de chauffage à distance, alimentant généralement des bâtiments de grande taille (appartements, écoles, hôpitaux, bureaux, commerces, industries).
- Energie disponible 24h/24 durant l'hiver. En été, les besoins en eau chaude sanitaire sont couverts.
- La totalité du fluide géothermique produit par pompage est réinjectée dans le même aquifère profond.
- Nombreuses possibilités d'implantation des forages à Genève, principalement le long des zones de failles.
- Méthode fiable, économique et maîtrisée dans de nombreux pays.

4. Données technologiques principales

La température du sous-sol augmente avec la profondeur (30-35 °C/km). On atteint environ 75°C à 2 km et au moins 100°C à 3 km. Le débit de production est très variable (10-100 l/s) et donc la puissance thermique d'un forage peut varier 1 à 10 MW.

5. Perspectives d'évolution technique

- Diminution du coût des forages profonds.
- Augmentation de la fiabilité des méthodes géophysiques pour l'exploration profonde.

6. Conditions de durabilité

La totalité du fluide étant réinjectée après son usage thermique, le réservoir géothermique ne subit pas de chute de productivité. Pour éviter une baisse progressive de la température, la distance d'écartement entre la base des deux forages doit être évaluée au moyen d'un modèle hydrogéologique.

7. Risques et incertitudes

Le risque se situe essentiellement lors du premier forage dit d'exploration. En général, la température des bassins sédimentaires n'offre pas beaucoup de surprise. Par contre, le débit d'exploitation d'un aquifère donné ne peut être évalué avant les premiers tests de production/injection réalisés sur le premier forage.

8. Actions à mener pour le développement dans le canton

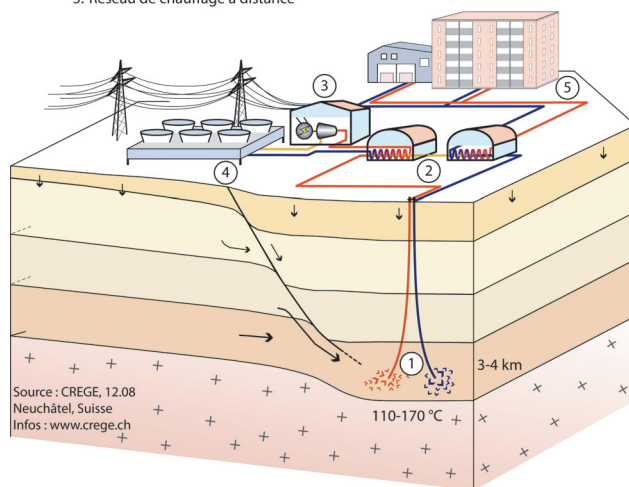
- Engager une prospection systématique des zones géologiquement les plus favorables par les méthodes géophysiques (sismique réflexion), afin de reconnaître les cibles potentiellement perméables.
- Réaliser quelques forages de prospection dans les cibles les plus favorables.

9. Horizon temporel (à Genève)

Le développement de la géothermie en aquifères profonds dépendra principalement des facteurs suivants : succès des premières opérations, évolution du coût de l'énergie, et de celui des forages. Si ces facteurs se révélaient favorables, on pourrait envisager à l'horizon 2030 l'exploitation d'environ 10 doublets géothermiques.

Installation géothermique de production d'électricité et de chaleur

1. Forages de production et de réinjection
2. Echangeurs de chaleur
3. Centrale électrique: turbine et générateur
4. Système de refroidissement à air
5. Réseau de chauffage à distance



Fiche 6 : SYSTEMES GEOTHERMIQUES STIMULES (EGS)

1. Principe du système

La technologie EGS consiste à améliorer la productivité de l'échange de chaleur dans un massif rocheux fracturé à grande profondeur, que l'on stimule en élargissant les fractures naturelles. Des forages servent à produire puis à réinjecter le fluide de formation après avoir échangé sa chaleur en surface avec un fluide de travail. C'est ce dernier qui fait fonctionner le turbogénérateur de la centrale électrique à fluide binaire.

2. Potentiel estimé

L'incertitude liée à la résolution des problèmes de la technologie EGS et au prochain développement de centrales industrielle ne permet pas d'établir un potentiel réel. Si dans une période de 30 ans, 10 centrales EGS de 3 MWe et 30 MWth chacune sont réalisées avec succès pour la génération conjointe d'électricité et de chaleur, la production géothermique annuelle serait de 240 GWh électriques et 2400 GWh thermiques.

3. Caractéristiques de la méthode

- Génération d'électricité toute l'année et production de chaleur en hiver par un réseau de chauffage à distance. Possibilité de moduler la production selon les saisons.
- La totalité du fluide géothermique produit par pompage est réinjectée dans le même réservoir profond.
- Nombreuses possibilités d'implantation, car des roches adéquates existent partout en profondeur.

4. Données technologiques principales

La technologie EGS se pratique dans des roches dures et cassantes que l'on trouve partout à partir de 3 ou 4 km. Dès cette profondeur, la coproduction d'électricité et de chaleur est possible. Avec une température de $>150\text{ }^{\circ}\text{C}$ et un débit de 50 l/s, on peut envisager une centrale d'une puissance de 3 MWe et 30 MWth.

5. Perspectives d'évolution technique

- Diminution du coût des forages profonds.
- Passage de l'échelle de la centrale pilote à la taille industrielle pour permettre de baisser les coûts d'investissement et d'exploitation.

6. Conditions de durabilité

Le massif rocheux fracturé créé par stimulation doit être de taille suffisante pour servir d'échangeur de chaleur entre les forages d'injection et de production. Il doit également être capable de soutenir une exploitation durable pour une centrale de taille industrielle.

7. Risques et incertitudes

Les risques principaux se situent lors de la création du réservoir fracturé : réduction maximale de la sismicité induite par la stimulation hydraulique et création d'un échangeur de chaleur de taille suffisante.

8. Actions à mener pour le développement dans le canton

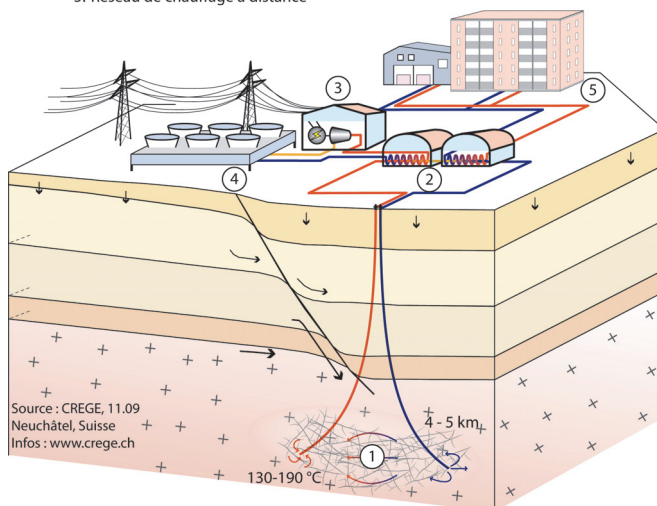
- Engager une reconnaissance par forages profonds des caractéristiques de la base des formations sédimentaires et de la structure du sommet des roches cristallines.
- Réaliser et exploiter une centrale EGS pilote, pour acquérir le savoir-faire de l'ensemble de la technologie.

9. Horizon temporel (à Genève)

Le développement des EGS pour la production d'électricité représente l'avenir à moyen et long terme de la géothermie profonde. Il dépendra principalement de la résolution des problèmes technologiques comme la création de réservoir de grande taille et la réduction de la sismicité induite lors de création des réservoirs. Dans ce cas, on pourrait envisager à l'horizon 2040 l'exploitation d'environ 10 centrales EGS sur le territoire.

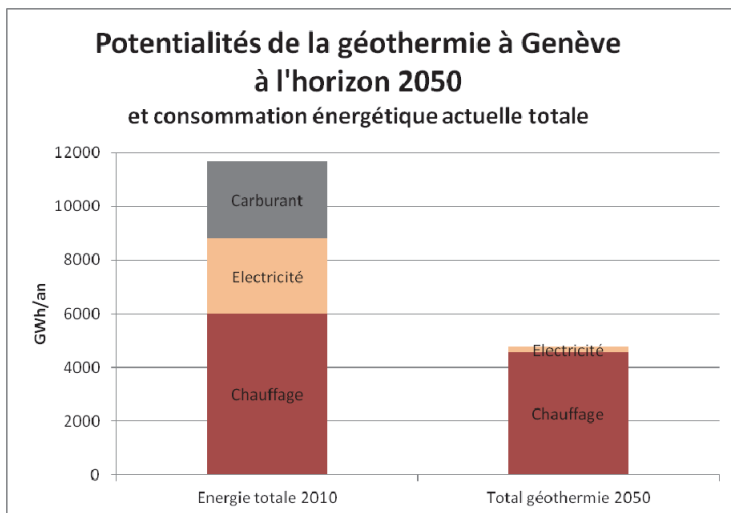
Installation géothermique de production d'électricité et de chaleur

1. Forages de production, de réinjection et réservoir stimulé
2. Echangeurs de chaleur
3. Centrale électrique: turbine ORC et générateur
4. Système de refroidissement à air
5. Réseau de chauffage à distance



4. Synthèse

Sur la base des études réalisées, on peut comparer le potentiel offert par la géothermie, par exemple à l'horizon 2050, avec la consommation énergétique totale actuelle du canton.



Le potentiel d'exploitation d'énergie géothermique d'ici 40 ans pourrait être de l'ordre de 40% de la consommation énergétique actuelle du canton et de 75% de la part dévolue au chauffage. Rappelons de plus que les objectifs énergétiques visent à diminuer la consommation globale d'énergie (société à 2'000 Watts), ce qui tendra à augmenter nettement ces pourcentages.

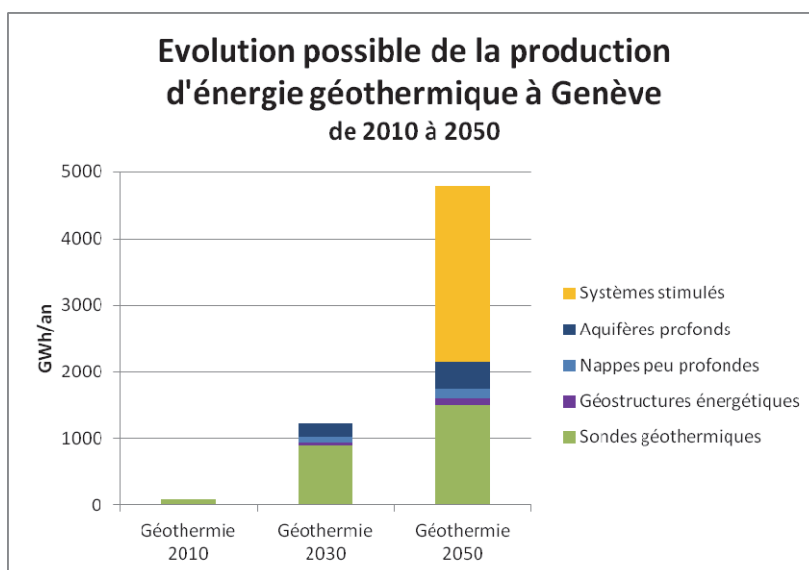
Grâce aux systèmes stimulés dont on peut raisonnablement penser que la technologie aura mûri d'ici là, une part d'électricité géothermique sera également disponible.

En termes d'évolution entre l'état actuel et 2050, la valorisation de la géothermie de faible profondeur est déjà en marche. Les méthodes sont fiables, économiques, éprouvées et maîtrisées. Elles sont déjà largement utilisées, tant à l'étranger qu'en Suisse. A l'horizon 2030, il est certain qu'elles seront développées à grande échelle, principalement en ce qui concerne les sondes géothermiques. Rappelons toutefois qu'elles nécessitent une part d'énergie électrique pour leur fonctionnement.

A plus grande profondeur, les techniques d'exploitation des aquifères profonds sont également au point et utilisées. Il est en revanche indispensable d'implanter les forages dans des zones favorables, ce qui nécessite une phase d'exploration, repoussant logiquement la phase d'exploitation dans le temps. Il est malgré tout plausible que plusieurs centrales de ce type puissent voir le jour d'ici 2030 déjà, si les études commencent rapidement. Pour les systèmes stimulés, quelques centrales pilotes pourraient voir le jour d'ici 2030, mais leur développement industriel est probablement à envisager plutôt d'ici 2040 à 2050.

On peut dès lors estimer l'évolution possible de la géothermie à Genève aux horizons 2030 et 2050 selon le graphique ci-contre.

Les techniques pouvant fournir le plus d'énergie sont, dans un premier temps, les sondes géothermiques, déjà en plein essor puis, dans un deuxième temps, les systèmes stimulés qui permettent non seulement de produire de la chaleur mais également de l'électricité.



5. Conclusion

A l'échelle du canton et à celle du Bassin genevois dans son ensemble, l'évaluation conduite dans le cadre du rapport PGG montre clairement que le potentiel de la géothermie est très important.

Les perspectives d'exploitation de ce potentiel géothermique sont très encourageantes, puisque d'une part les techniques de faible profondeur représentent un marché en plein essor, profitant d'un sous-sol favorable, et d'autre part les structures géologiques profondes sous notre territoire présentent un potentiel réel, que des investigations complémentaires permettront de mieux évaluer.

Pour entrer de plein pied dans l'ère géothermique, il est nécessaire de développer un programme de valorisation et d'optimisation de la géothermie à l'échelle cantonale et régionale en planifiant les techniques d'exploitation mises en œuvre en fonction de chaque contexte. Cette planification énergétique territoriale est à coordonner avec les autres planifications directrices visant le sous-sol, notamment celle concernant la protection des nappes phréatiques.

Enfin, compte tenu des enjeux et des perspectives offertes par l'exploitation de la géothermie profonde, il apparaît comme prioritaire de commencer au plus vite les études géologiques et géophysiques du sous-sol profond, forages d'exploration y compris, afin d'intégrer dès que possible l'exploitation des ressources géothermiques de grande profondeur dans la planification cantonale.