Zeitschrift: Swiss bulletin für angewandte Geologie = Swiss bulletin pour la géologie appliquée = Swiss bulletin per la geologia applicata = Swiss bulletin for applied geology

Herausgeber: Schweizerische Vereinigung von Energie-Geowissenschaftern; Schweizerische Fachgruppe für Ingenieurgeologie

Band: 24 (2019)

Heft: 2

Artikel: Le développement de la géothermie en Suisse : apports du programme genevois GEothermie 2020

Autor: Meyer, Michel / Andenmatten Berthoud, Nathalie / Lecompte, Marie

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-869537

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Swiss Bull. angew. Geol. Vol. 24/2, 2019 S. 97-104

Le développement de la géothermie en Suisse - apports du programme genevois GEothermie 2020

Michel Meyer [1], Nathalie Andenmatten Berthoud [2] et Marie Lecompte [3]

Mots-clés: Géothermie, énergie, environnement, transition énergétique, réduction de CO_2, approche intégrée, réseaux de chauffage à distance, programme

Abstract
The subject of this paper is to present the case of Geneva canton's approach to develop the use of geothermal resources. The specificity of the approach is its integrated embracing of all aspects concerned with geothermal development. A country with no extractive industry past, Switzerland has very little information about its subsurface set up. The challenge of developing geothermal resources started from scratch. Even worse, geothermal is associated with Basel and St Gallen projects, well known in Switzerland for the seismic activity they were responsible for. In Geneva, a canton amongst the 26 of the country, characterized by massive use of fossil fuel for building heating, and high heating needs density, the option of using geothermal resources to reach the energy transition goals has been identified years ago (Geothermal potential of Geneva Canton, 2011). The government officially launched the GEothermie 2020 program in 2013, with the aim to massively and sustainably develop geothermal resources in Geneva. A public lead and holistic approaches are the two main aspects that define the program.

Zusammenfassung
Thema dieses Papiers ist es, den Ansatz des Genfer Kantons zur Entwicklung der Nutzung geothermischer Ressourcen vorzulegen. Die Besonderheit des Ansatzes ist seine integrierte Einbeziehung alle Aspekte der Erdwärmeentwicklung. Die Schweiz, ein Land ohne rohstoffgewinnende Industrie, hat nur sehr wenige Informationen über ihre Unterirdischen. Die Herausforderung der Entwicklung geothermischer Ressourcen begann ganz vom Anfangen. Schlimmer noch, Geothermie ist mit Basel- und St. Gallen-Projekten verbunden, die in der Schweiz für ihre seismische Aktivität bekannt sind. In Genf, einem Kanton unter den 26 Ländern, der sich durch den massiven Einsatz fossiler Brennstoffe für die Gebäudeheizung und eine hohe Heizbedarf dichte auszeichnet, wurde die Möglichkeit der Nutzung geothermischer Ressourcen zur Erreichung der Energiewendeziele bereits vor Jahren identifiziert (Geothermie-Potenzial des Kantons Genf, 2011). Die Regierung hat das GEothermie 2020-Programm 2013 offiziell ins Leben gerufen, mit dem Ziel, die geothermischen Ressourcen in Genf massiv und nachhaltig zu entwickeln. Ein öffentlicher Lead und ganzheitliche Ansätze sind die beiden Hauptaspekte, die das Programm definieren.

[1] Service industriels de Genève (SIG), 2 Ch. Du Château-Bloch, 1219 Le Lignon, Suisse; michel.meyer@sig-ge.ch
[2] Office cantonal de l'environnement –Service géologie, sols et déchets (OCEV – GESDEC), Quai du Rhône 12, 1205 Genève, Suisse; nathalie.andenmatten@etat.ge.ch
[3] Office cantonal de l'énergie (OCEN), rue du Puits-Saint-Pierre 4, Case postale 3920, 1211 Genève 3; marie.lecompte@etat.ge.ch

1 Introduction

1.1 Histoire de la géothermie en Suisse

La Suisse n'est pas sujette à un volcanisme actif comme par exemple l'Islande mais recèle néanmoins un potentiel géothermique important. Le gradient géothermique y est classique pour des bassins sédimentaires, avec une valeur de l'ordre de 30 à 35 °C par kilomètre d'enfouissement à laquelle on peut ajouter la température moyenne annuelle soit environ 12 °C en plaine. Cela veut donc dire que le sous-sol du plateau doit avoir une température d'environ 45 °C à un kilomètre de profondeur et de l'ordre de 110 °C à trois

kilomètres de profondeur. Cette chaleur s'exprime parfois à la faveur de sources thermales qui représentent des sites où elle est bien souvent exploitée depuis des temps très anciens.

Ailleurs, lorsqu'il n'y a pas de manifestation en surface de cette chaleur du sous-sol, elle est exploitée à des fins de chauffage depuis bientôt 30 ans en Suisse par le biais de sondes géothermiques verticales principalement. Actuellement, c'est plus de 3'600 GWh/an d'énergie géothermique qui est exploitée chaque année (Link, 2018). Cela permet l'économie d'environ 324'000 tonnes de fioul domestique et cela correspond à une réduction de l'ordre de 1'023'0850 tonnes d'émissions de CO_2. Dès lors, la géothermie est d'ores et déjà un contributeur très important à la lutte contre le réchauffement climatique.

Si la Suisse est l'un des pays qui utilise le plus la géothermie de basse enthalpie sur sondes ou champs de sondes géothermiques, il n'en est pas de même pour ce qui concerne la géothermie de moyenne et grande profondeur. En effet, n'ayant pas de tradition gazière et pétrolière, le sous-sol helvétique reste largement méconnu, ce qui fait porter des risques importants d'échecs aux porteurs de projet.

1.2 Passif lié aux projets de Bâle et St-Galle

En Suisse, deux projets de géothermie très profonde ambitieux, ceux de Bâle et de St-Gall, ont rencontré des soucis lors des travaux de forage ou de stimulation et péjorent fortement l'image de la géothermie profonde. En effet, à Bâle, de l'eau injectée à haute pression dans le sous-sol a provoqué en 2006 un séisme d'une magnitude de 3.4. En 2013, un séisme de magnitude 3.5 s'est produit à Saint-Gall suite à des venues de gaz dans le puits et aux opérations de gestion des éruptions qui ont suivi.

Ces deux avaries marquent encore fortement l'histoire du développement de la géothermie en Suisse. En effet, depuis lors l'acceptation de nouveaux projets a fortement diminué car les craintes de la population ont augmenté.

1.3 Le programme genevois

Le programme GEothermie 2020 a peu à peu germé à Genève entre 2009 et 2013 à la faveur notamment des études entreprises par SIG sur le forage de Thônex afin de voir si une relance en matière de géothermie pouvait y trouver place. Ce forage avait été réalisé en 1993 lors de la première vague d'exploration par forages géothermiques de moyenne et grande profondeur soutenus alors par un mécanisme de garantie de risque pour les forage porté par Confédération.

Ce forage de plus de 2'600 mètres constitue le premier projet géothermique d'envergure sur territoire genevois. Il avait pour objectif d'évaluer la productivité en eau chaude du sous-sol genevois avec une cible principale dans les couches du Malm. Même si ce puits n'a malheureusement pas conduit au succès espéré, il a cependant fait prendre conscience de l'importance de mieux connaître le sous-sol genevois et marque un premier jalon de la démarche prospective genevoise. En outre, il n'a pas refroidi l'intérêt soutenu des milieux politiques et énergétiques cantonaux pour la géothermie comme en témoignent de nombreuses motions parlementaires qui couvrent une grande variété d'applications et de sujets puisqu'elles demandent tantôt le recours à des sondes géothermiques ou alors à des grandes centrales géothermiques pour la production d'électricité et de chaleur.

L'année 2011 peut être considérée comme le jalon marquant le regain d'activité dans le domaine de la géothermie à Genève et le déclencheur du programme GEothermie 2020. En effet, cette année coïncide avec la publication d'un rapport d'évaluation du po-

tentiel géothermique du canton de Genève (Groupe de travail PGG, 2011) ainsi qu'avec l'avarie majeure de la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi le 11 mars, provoquant une réorientation fondamentale de la stratégie énergétique fédérale et, dans son sillage, de celle du canton de Genève. Le rapport d'évaluation - piloté par l'office cantonal de l'énergie (OCEN) et SIG - fait écho à un nombre important de postulats et mandats parlementaires. Il conclut sur le constat que le sous-sol genevois recèle un potentiel géothermique très important et ceci tant à l'échelle du canton qu'à celle du bassin tout en rappelant qu'un effort important de prospection et d'exploration reste à faire en amont d'une valorisation efficace de ce potentiel. Ce rapport précise en outre qu'une relance en matière de géothermie devrait se faire par le biais du lancement d'un programme dédié.

2 Contexte actuel

2.1 Reconnaissance des enjeux de chaleur

Comme ailleurs en Suisse, l'approvisionnement énergétique du canton de Genève reste aujourd'hui encore largement dépendant des ressources non renouvelables et extérieures au canton. Les combustibles fossiles (pétrole et gaz naturel) représentent plus des deux tiers de l'énergie finale consommée (Fig. 1).

Près de la moitié de la consommation d'énergie finale est dédiée à l'approvisionnement en chaleur des bâtiments, qui s'élève à 5'400 GWh/an en 2014. Cet approvisionnement est aujourd'hui majoritairement assuré par des chaudières alimentées au gaz naturel ou au mazout, combustibles qui ont générés 1 Mt CO_2 en 2014, soit 2.2 t CO_2/hab./an. Le développement espéré de la géothermie à Genève vise à satisfaire en première priorité ces enjeux de chaleur, afin de permettre une réduction de l'utilisation de ressources fossiles et donc une baisse des émissions de CO_2.

Le contexte urbanistique genevois conditionne directement la distribution géographique des besoins thermiques. Actuellement, on estime que près de 70% de la demande de chaleur totale se situe dans des zones présentant une densité thermique surfacique supérieure à 500 MWh/hectare/an (Quiquerez, 2017). Cette valeur est souvent citée comme seuil important pour assurer la viabilité technico-économique des réseaux de chaleur. En tenant compte des contraintes d'accessibilité du sol et sous-sol dans certaines zones spécifiques (centre-ville historique notamment), on évalue le potentiel de déploiement des réseaux de chaleur dans le canton à environ 45-50% du marché de la chaleur à l'échéance 2035.

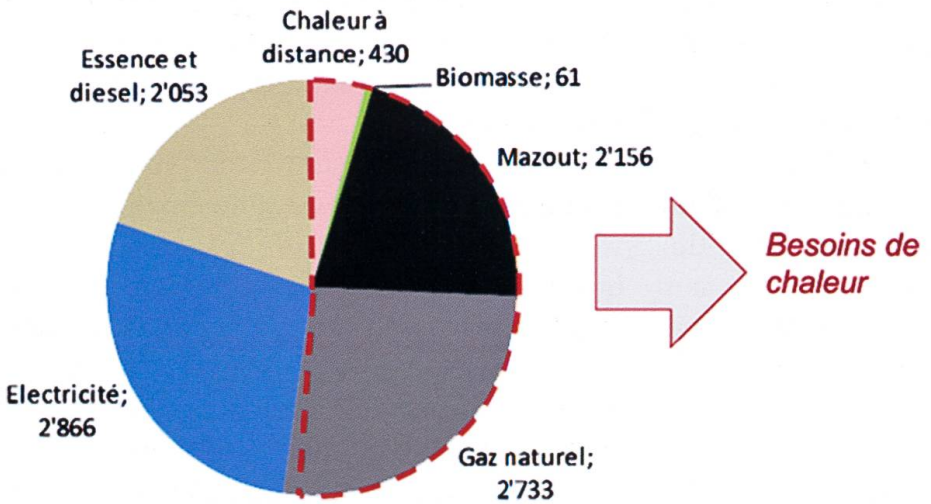

Fig. 1: Consommation d'énergie finale dans le canton de Genève en 2014 (hors CERN et transport aérien). Unité: GWh/an. Source: L. Quiquerez, 2017.

2.2 Relance de projets et nouveaux projets

De nouveaux mécanismes de soutien à la géothermie de moyenne profondeur, destinés à la production et à l'usage direct de la chaleur, ont été mis sur pied dans le cadre de la stratégie énergétique 2050. En effet, la loi sur le CO_2 permet maintenant et jusqu'en 2025 au moins d'obtenir des subventions à hauteur de 60% maximum de coûts, tant pour les phases d'étude et de prospection menées à l'amont des projets que lors de phases de réalisation de forages de pompage et de restitution pour une mise en valeur de la ressource. Un fonds de 30 millions de francs par an maximum a été mis sur pied spécifiquement pour soutenir ce type de géothermie.

Ces nouveaux outils de soutien vont vraisemblablement permettre une nouvelle phase de fort développement de la géothermie, pour des projets thermiques donc en général moins profonds et complexes que ceux lancés à Bâle et St-Gall lorsque seuls des mécanismes de soutien à la géothermie électrique existaient.

2.3 Rôle de la géothermie dans les stratégies énergétiques

Aujourd'hui le rôle reconnu et chiffré de la géothermie dans la stratégie énergétique 2050 de la Confédération concerne principalement la géothermie permettant de produire de l'électricité. Ainsi c'est 4.4 TWh d'électricité de source géothermique qui sont attendus chaque année à l'échéance de 2025.

Pour le moment aucun objectif chiffré de production de chaleur géothermique à l'échelle nationale n'est publié. Néanmoins, les nouveaux mécanismes de soutien de la loi sur le CO_2 existant depuis le 1er janvier 2018 montrent bien qu'une prise de conscience s'est opérée dans l'identification du rôle important que la géothermie doit jouer en matière de fourniture de chaleur.

A l'échelon cantonal, plusieurs cantons comme Neuchâtel, Vaud ou Genève ont mené des études du potentiel géothermique de leurs sous-sol en fournissant généralement des ordres de grandeur du pourcentage de couverture des besoins de chaleur qui pourraient à terme être couvert par les différents types de géothermie. A Genève il est estimé que la géothermie pourrait couvrir 20% des besoins thermiques en 2035.

2.4 Une problématique climatique urgente

Les débats actuels entourant la révision de la loi fédérale sur le CO_2 et la forte manifestation de la jeunesse en particulier mettent le doigt sur les très forts enjeux qui entourent la recherche de solutions thermiques renouvelables, en capacité à se substituer aux agents énergétiques fossiles.

Ne nécessitant pas de développements technologiques longs à élaborer puisque la technologie liée à la valorisation de la géothermie de moyenne profondeur est connue depuis des décennies, un soutien conjoncturel fort à la géothermie, passant par des éléments d'amélioration de la connaissance du sous-sol et d'établissement d'un cadre favorable à la géothermie, est de nature à permettre un développement rapide de l'utilisation de cet agent énergétique. En effet, le retour d'expérience mené notamment sur des exemples du bassin parisien montre qu'en quelques années, sous la pression de la crise pétrolière des années 70, une véritable filière et des capacités de production très importantes ont pu voir le jour.

La pression et l'urgence climatique qui prévaut aujourd'hui ne sont pas moins marquées et sont de nature à pouvoir mettre sur pied un plan d'action majeur, en capacité de baisser drastiquement et rapidement les émissions de CO_2 liées à nos besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire.

2.5 Développement des réseaux de chauffage à distance

En parallèle des travaux à mener pour lancer une filière géothermique, des moyens considérables doivent être investis pour permettre le développement d'infrastructures de distribution de chaleur: les réseaux de chauffage à distance. En effet, aucun développement en matière de géothermie de moyenne profondeur ne pourra avoir lieu sans développement en parallèle des infrastructures en capacité de distribuer l'importante puissance thermique que dégage un doublet hydrothermal productif qui est bien souvent en mesure de couvrir les besoins de 5'000 à 10'000 ménages.

Les pays qui ont réussi à généraliser le développement de telles infrastructures sont aussi ceux où le taux d'énergie renouvelable dans le mix énergétique utilisé pour du chauffage est le plus élevé. En effet, ces ouvrages permettent d'injecter des ressources multiples et variées parmi lesquelles la géothermie joue un rôle clé lorsque le potentiel existe.

3 Nécessité d'une approche intégrée

Le programme cantonal de développement de la géothermie vise un objectif faîtier qui est de développer massivement et durablement la géothermie à Genève. Pour atteindre cet objectif, divers axes de travail ont été identifiés et font l'objet de mesures spécifiques afin de disposer à l'échéance de quelques années non seulement d'une bonne connaissance du sous-sol et de ses ressources mais aussi d'un cadre favorable au développement de la thématique.

Une gouvernance commune entre l'Etat (Département du Territoire - office cantonal de l'environnement et office cantonal de l'éner-

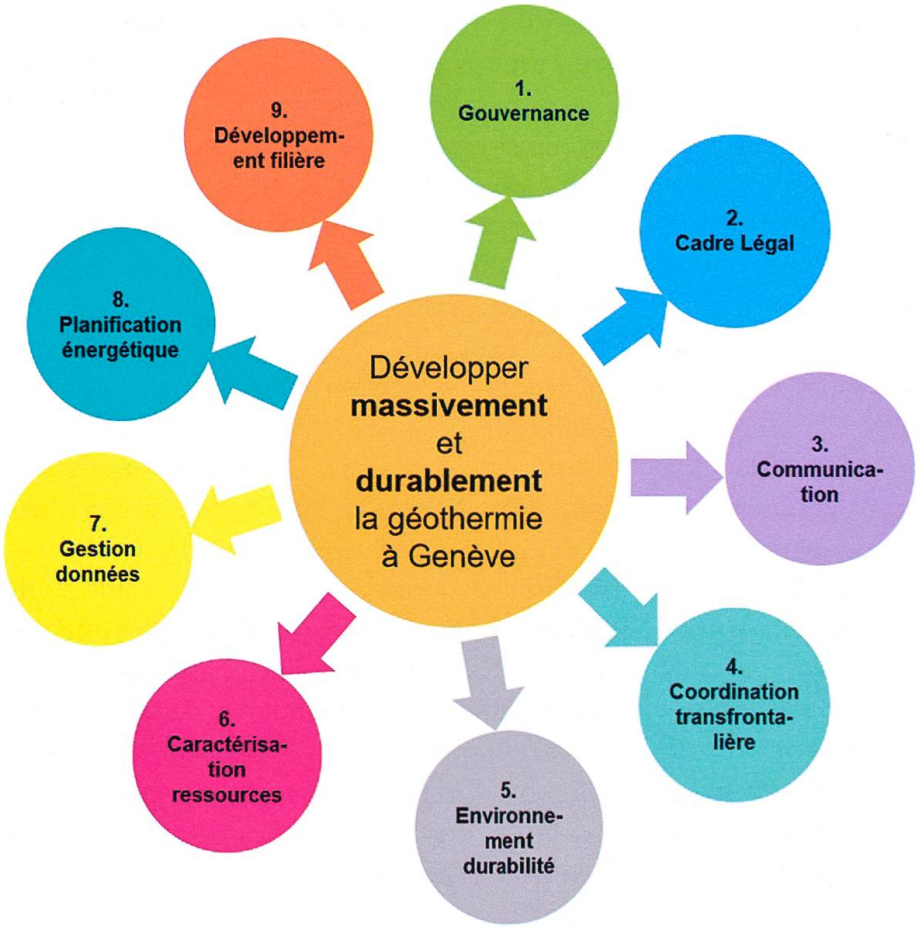

Fig. 2: Objectifs du programme GEothermie 2020 et axes de travail identifiés.

gie) et les Services Industriels Genevois (SIG) a été mise sur pied afin de pouvoir atteindre les objectifs du programme. Cette structure identifie les actions à entreprendre et les met en œuvre afin de lever peu à peu les incertitudes et proposer des améliorations institutionnelles notamment. Dans ce cadre on peut notamment citer l'élaboration d'une nouvelle loi sur les ressources du sous-sol en force depuis 2017, la réalisation en cours d'un système d'information du sous-sol genevois, de nombreuses actions opérationnelles de caractérisation des ressources à faible, moyenne et grande profondeur, les projets pilotes menés pour assurer une bonne intégration de la géothermie dans le territoire, la mise sur pied de retours d'expériences systématiques et de formation, ou encore le soutien à de nombreux projets de recherche académiques.

Le programme est donc une démarche complexe et participative menée par l'Etat avec l'aide de son bras industriel public SIG. Il s'appuie sur un apprentissage graduel pour accompagner les filières locales et régionales, pour créer de la valeur pour le territoire et susciter une forte adhésion de la population. Les notions de projets pilotes et d'accompagnement des acteurs du territoires y jouent un rôle fondamental afin d'expérimenter et de faciliter l'accès à cette ressource.

4 Etat des lieux et perspectives à Genève

Les résultats préliminaires des travaux opérationnels menés sont très encourageants. Plusieurs aquifères Quaternaire de faible profondeur ont pu être caractérisés ou sont sur le point de l'être. Ils montrent que des solutions sur nappes sont possible, y compris pour de la production de froid ou du stockage d'énergie thermique, sur de nombreux sites du Canton, alors que ce type de valorisation est quasi inexistant pour le moment.

A moyenne profondeur, après la réalisation de plusieurs campagnes sismiques successives associées à des travaux de valorisation de données existantes, menées notamment par l'Université de Genève, le schéma structural régional se précise. Diverses cibles situées dans les calcaires faillés du Mésozoïque ont déjà été identifiées. Les surprises sont nombreuses. En effet, les familles de failles identifiées sont relativement différentes de celles qui étaient imaginées, montrant une organisation tectonique relativement complexe dans la terminaison sud-ouest du Bassin molassique du Nord des Alpes.

Sur cette base, un premier forage d'exploration nommé GEo-01, de 750 mètres de profondeur, a pu être positionné dans la région de Satigny. Réalisé entre fin 2017 et 2018, ce forage a permis de confirmer les modèles géologiques et hydrogéologiques conceptuels avec la présence de calcaires Crétacé faillés et karstiques dès 400 mètres de profondeur et des importantes circulations d'eau artésiennes. Le forage produit naturellement plus de 50 litres/seconde d'une eau à 33 °C avec une pression de l'ordre de 10 bars. Ce forage fait actuellement l'objet de tests de longue durée et est intégré à un réseau de monitoring régional dans lequel diverses sources et forages sont suivis, afin de mieux comprendre la dynamique de circulation des eaux souterraines.

En octobre a débuté la réalisation du deuxième forage de moyenne profondeur du programme. Le forage GEo-02 est situé sur la commune de Bernex et aura une profondeur de 1'130 m. Il devrait atteindre les calcaires récifaux du Malm et intersectera une zone de faille relativement différente de celle traversée à Satigny. Deux autres forages encore plus profonds sont planifiés dans le cadre du programme afin de disposer d'ici trois ans environ d'une bonne représentativité des modalités de circulation des eaux dans le sous-sol, dans différents contextes structuraux.

En parallèle, une importante campagne d'acquisition de données sismique en 3 dimensions est en cours de préparation et devrait se dérouler à l'été 2020. Couvrant une surface de l'ordre de 190 km^2 cette phase d'acquisition de données fournira des informations essentielles, en particulier dans les zones urbaines denses où les enjeux de réduction de CO_2 sont les plus forts. Nous disposerons ainsi non seulement d'une série de cibles potentielles mais aussi de forages représentatifs, pour savoir comment faire le tri parmi ces dernières, en choisissant les environnements géologiques a priori les plus productifs.

Enfin, les chantiers organisationnels et institutionnels, comme les éléments d'information, de formation et de planification se poursuivront durant les trois prochaines années au moins pour permettre au cadre de continuer d'évoluer et de préciser la configuration que prendra le marché de la géothermie dans le futur. La véritable industrialisation espérée ne pourra s'opérer que si l'approche intégrée préconisée se poursuit.

5 Conclusions

La géothermie présente un potentiel de production énergétique majeur pour la Suisse. Aujourd'hui déjà, la géothermie de basse enthalpie est un élément important dans la part d'énergie non fossile mobilisée.

Si les projets de géothermie profonde lancés en Suisse ont souvent eu pour vocation la production d'électricité, une véritable prise de conscience s'opère aujourd'hui pour reconnaitre que la géothermie apparait comme un agent énergétique majeur pour transiter vers une thermique durable. La géothermie offre en effet des solutions à faible, moyenne et grande profondeur en capacité de se substituer aux agents fossiles encore largement utilisés aujourd'hui pour couvrir nos besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire, principaux postes d'émissions de CO_2.

Pour mobiliser ce potentiel, dans un pays qui n'a pas de tradition gazière et pétrolière, des opérations de prospection et d'exploration sont requises afin d'améliorer la connaissance du sous-sol. Mais ces actions opérationnelles seules ne suffiront pas à permettre le lancement d'un grand nombre de projets. En effet, des améliorations organisationnelles, institutionnelles et en termes de formation notamment sont requises pour qu'une filière géothermique puisse se développer en Suisse. A cette condition, le développement de la branche géothermique pourra s'appuyer sur des acteurs locaux et régionaux et être ainsi source de création de valeur pour le territoire.

Le programme genevois GEothermie 2020 se nourrit de ces constats et a mis sur pied une stratégie de développement très transversale afin de traiter de manière holistique et dynamique la question du développement de la géothermie. Si les résultats opérationnels sont très prometteurs et qu'ils permettent aujourd'hui d'y voir plus clair sur le potentiel géothermique, une partie moins évidente de premier abord se développe pour donner toute sa chance à cette thématique. En effet, si les résultats géologiques obtenus constituent la partie émergée de l'iceberg, un travail de fonds est mené en parallèle sur d'autres axes afin d'offrir un cadre favorable au développement. Le véritable laboratoire qu'est le canton de Genève aujourd'hui se veut ouvert sur le reste de la Suisse et du monde, afin de permettre aux expériences qui y sont menées d'être documentées et partagées, afin de participer à la dynamique positive en cours, grâce notamment aux nouveaux mécanismes de soutien fédéraux.

Références

Groupe de travail PGG 2011: Evaluation du potentiel géothermique du canton de Genève – PGG. Rapport Service cantonal de l'énergie (SCANE) et Services Industriels de Genève (SIG). 300 pages

Link, K. 2018: Statistik der geothermischen Nutzung in der Schweiz, Ausgabe 2018. Energieschweiz. 50 pages.

Quiquerez L. 2017: Décarboner le système énergétique à l'aide des réseaux de chaleur: état des lieux et scénarios prospectifs pour le canton de Genève, PhD Thesis, University of Geneva.