

## Installations de ventilation géothermique – Possibilités d'application dans le climat canadien

### INTRODUCTION

Les installations de ventilation géothermique, aussi appelées puits canadiens, puits provençaux ou échangeur de chaleur air-terre, sont constituées de longs tuyaux en plastique ou en béton disposés sous terre et raccordés à la prise d'air des bâtiments. Elles ont pour fonction de tirer parti de la température quasi constante du sol pour réaliser un conditionnement préalable de l'air de ventilation, soit en préchauffant l'air l'hiver ou en le rafraîchissant l'été. La ventilation géothermique a suscité un certain intérêt à la fin des années 70 et au début des années 80, mais n'a jamais été adoptée à grande échelle.

La pression actuelle appliquée en vue d'une utilisation élargie des technologies « vertes » a suscité un regain d'intérêt à l'égard de la ventilation géothermique. La promotion de ces installations se fait en vantant leur simplicité et leur efficacité à réduire les émissions de gaz à effet de serre associées à la gestion des bâtiments. Il manque toutefois d'information quant à la valeur potentielle de la ventilation géothermique pour entraîner des économies d'énergie quantifiables. De plus, il y a peu de renseignements au sujet de leur impact sur la qualité de l'air intérieur. C'est pour ces raisons qu'en 2010, la Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL) a commandé une étude qui avait pour objet de rechercher de l'information valable sur les installations de ventilation géothermique et leur applicabilité, compte tenu des conditions climatiques du Canada, afin que constructeurs et consommateurs puissent prendre des décisions plus éclairées. Le présent « Point en recherche » fait état des résultats de cette étude.

### OBJECTIFS

L'étude est axée sur les installations de ventilation géothermique résidentielles. En voici les objectifs :

1. Rechercher des renseignements sur la performance réelle et suivie d'installations de ventilation géothermique existantes dans les conditions climatiques canadiennes, y compris les économies d'énergie, la qualité de l'air intérieur, les méthodes de conception et de construction de même que les coûts.
2. Synthétiser l'information découlant des recherches de manière à formuler des conclusions générales sur la performance des installations de ventilation géothermique au Canada.

### MÉTHODE

Le travail a été réparti en plusieurs phases :

- Une recherche documentaire a d'abord été effectuée portant sur des sources imprimées et électroniques (Internet). Cette recherche était axée sur les communications et les publications qui décrivent l'utilisation et la performance des installations de ventilation géothermique ainsi que la qualité de l'air qu'elles permettent d'obtenir. La recherche a été effectuée à la fois en anglais et en français. Pour compléter l'étude, on a eu recours à des babillards électroniques, à des échanges de courriels ou à des conversations téléphoniques avec des scientifiques, des concepteurs et des installateurs, ainsi qu'avec des fabricants qui s'intéressent à ce domaine d'activité. Plus de 45 publications ont ainsi été analysées et résumées.

- Des installations de ventilation géothermique mises en œuvre au Canada ont été étudiées afin de découvrir si leur performance avait fait l'objet d'un suivi accompagné de données réelles. Près de 30 installations résidentielles existantes ou en construction ont été relevées, en plus de 10 autres dans le secteur commercial. Des renseignements au sujet de ces installations ont été recueillis grâce à des discussions et à des échanges de courriels avec leurs concepteurs ou exploitants.
- Enfin, les informations recueillies de ces différentes sources ont été synthétisées afin de découvrir les tendances quant à l'état des connaissances, dont la performance énergétique, les implications en ce qui a trait à la qualité de l'air intérieur, les caractéristiques de conception et de construction et les coûts. Des conclusions ont également été formulées sur la performance, l'applicabilité et la pertinence de la ventilation géothermique.

Rappelons que l'étude était axée sur les installations résidentielles au Canada. Il est toutefois devenu évident que les installations existantes au Canada ne fourniraient pas suffisamment d'information pour permettre de tirer des conclusions parce qu'elles étaient peu nombreuses, et qu'aucune n'avait fait l'objet d'un suivi rigoureux. L'étude a donc été élargie pour y inclure des installations à l'extérieur du Canada, par exemple aux États-Unis, mais plus particulièrement en Europe où le recours à la ventilation géothermique est plus fréquent. L'étude a également été étendue à certains bâtiments commerciaux ou institutionnels, surtout parce que la ventilation géothermique en milieu résidentiel a fait l'objet de très peu de travaux de suivi, alors qu'on dispose plus souvent de données sur les immeubles commerciaux et qu'elles sont de meilleure qualité. En contexte commercial, les installations de ventilation géothermique ont tendance à être beaucoup plus imposantes et perfectionnées, et à répondre à des schémas de charge différents qu'en milieu résidentiel. Toutefois, certaines des leçons tirées de leur exploitation pourraient aussi s'appliquer aux installations résidentielles.

## RÉSULTATS

La ventilation géothermique est largement répandue dans certaines régions de l'Europe, notamment en Allemagne, en France et en Suisse, où l'on trouve des centaines, voire des milliers d'installations de ce genre. Malgré le nombre d'installations résidentielles en exploitation en Europe, on trouve peu de données détaillées sur leur performance réelle. En ce qui a trait au coefficient de performance et à leur capacité de rafraîchissement ou de chauffage, la documentation permet de croire qu'ils varient en fonction de la différence de température entre l'air ambiant et le sol : leur capacité et le coefficient de performance semblent très élevés lorsque l'écart est grand et très faibles lorsque cet écart est plutôt mince. Les résultats semblent radicalement différents selon l'époque où les mesures sont prises ou selon la période qui a servi au calcul de la moyenne. Le coefficient de performance saisonnier est souvent rapporté dans une gamme allant de 3 à 4. La documentation montre qu'une installation de ventilation géothermique résidentielle type affichera une puissance moyenne de rafraîchissement de l'ordre de 1,5 kW, avec des pointes pouvant atteindre 4 kW, bien que cela dépende évidemment des conditions climatiques locales et des conditions de sol.

Seules quelques installations ont été répertoriées en Amérique du Nord. Il y a sur le marché certains systèmes complets, mais la plupart sont de conception artisanale. Les utilisateurs font état de résultats mixtes. Certains utilisateurs expriment une satisfaction générale à l'égard de ces installations, mais ils ne disposent pas d'indicateurs de performance objectifs. D'autres rapportent que leurs installations ne se comportent pas toujours comme prévu. Bref, il est difficile de formuler des conclusions générales à partir des recherches effectuées sur le parc actuel d'installations de ventilation géothermique mises en place tant aux États-Unis qu'au Canada.

Si l'on en croit la documentation, la ventilation géothermique serait plus courante en Europe parce que ces installations rafraîchissent les maisons suffisamment pour les rendre confortables en période de canicule, réduisant d'autant le besoin de recourir à la climatisation mécanique.

La situation ne sera pas nécessairement la même au Canada, puisque la ventilation géothermique semble avoir un faible potentiel de déshumidification, un élément qui est souhaitable pour un certain nombre de localités au Canada.

### Performance

Les résultats des activités de suivi tirés de la documentation révèlent que, lorsque les circonstances s'y prêtent, la ventilation géothermique peut s'avérer avantageuse. Les avantages s'observent sur une base saisonnière (c'est-à-dire que la température moyenne de l'air fourni par l'installation varie moins que la température ambiante d'une saison à l'autre), mais aussi sur une base quotidienne (la température le jour est relativement constante). En moyenne, l'air fourni par les installations de ventilation géothermique est plus chaud que l'air ambiant en hiver et plus frais que l'air ambiant en été. L'amplitude quotidienne de la température est aussi grandement diminuée, et la ventilation géothermique semble très efficace quand il s'agit de couper les pointes de température lors des chaudes journées d'été.

Or, l'expérience acquise grâce à des installations existantes, tant en Europe qu'en Amérique du Nord, révèle de nombreuses sources de préoccupation sur lesquelles il faudra se pencher avant d'envisager l'utilisation d'installations de ventilation géothermique résidentielles.

### Une simplicité illusoire

Malgré l'apparente simplicité des installations de ventilation géothermique, la documentation révèle qu'il s'agit en réalité de systèmes fort complexes. Les matériaux doivent être appropriés et les techniques de construction soignées pour prévenir les infiltrations d'eau et de radon, les problèmes de moisissure et l'accumulation de condensation. La ventilation géothermique assure le transfert à la fois de la chaleur sensible et de la chaleur latente. Les installations requièrent des commandes complexes et doivent être mises hors circuit durant certaines périodes de l'année. Elles possèdent également une mémoire thermique : à cause de l'accumulation de la chaleur dans le sol, la quantité d'énergie extraite ou évacuée au cours d'une heure donnée est fonction de la quantité d'énergie qui a été extraite ou évacuée dans les heures ou journées précédentes. Enfin, elles interagissent avec le reste de la maison à laquelle elles sont raccordées.

### Préoccupations concernant la qualité de l'air

La documentation donne des indications contradictoires au sujet de la qualité de l'air en présence d'une installation de ventilation géothermique. Bien que les publications sur le sujet soient rares, certains auteurs rapportent que la qualité de l'air ne semble pas constituer un problème, tant et aussi longtemps que l'installation est convenablement conçue, réalisée, exploitée et entretenue. Suivant la documentation, une bonne conception passe par l'emploi de tuyaux lisses (pouvant même être dotés d'un enduit antimicrobien), un agencement en pente favorisant l'écoulement de l'eau de condensation vers un point bas, des joints étanches et des filtres convenables situés à la prise d'air. L'air ne doit pas stagner dans les tuyaux et les filtres doivent être remplacés régulièrement. Dans de telles conditions, certains auteurs rapportent que l'air admis dans la maison est de bonne qualité. Cela pourrait toutefois être davantage attribuable à la filtration qu'au fait que l'air passe par une installation de ventilation géothermique.

Néanmoins, des auteurs demeurent préoccupés par le risque de condensation sur la surface des tuyaux en été, lorsque de l'air chaud et humide est aspiré dans les tuyaux en contact avec le sol frais, car cela peut entraîner la croissance de moisissures et de bactéries. Certains adeptes de la norme Passivhaus ont fait état de problèmes de qualité de l'air causés par des installations de ventilation géothermique dans le nord de l'Europe, particulièrement en Scandinavie, mais non en Europe centrale, bien qu'ils ne sachent pas pourquoi on ne retrouve pas ces problèmes en Europe centrale. Des problèmes ont également été soulevés en Suède. Puisque cette problématique semble mal comprise, la prudence est de mise, d'autant plus que les endroits où des problèmes ont été signalés (Scandinavie) affichent des conditions climatiques très semblables à certaines régions du Canada.

Soulignons que certaines installations éliminent les risques de condensation et de problèmes de qualité de l'air en évitant que l'air de ventilation ne passe à travers l'installation de ventilation géothermique pour être tempéré. La solution de rechange consiste à recourir à un réseau de serpentins transportant une solution de glycol ou une saumure, jumelé à un échangeur de chaleur situé à l'entrée de l'appareil de récupération de chaleur. Outre les préoccupations concernant la qualité de l'air, ces

installations ont en commun nombre des caractéristiques des installations air-air. Les avantages de ces systèmes à serpents n'ont pas été démontrés au moyen de données provenant du Canada.

### Commandes

Selon la documentation, il est fortement déconseillé de laisser fonctionner les installations de ventilation géothermique à longueur d'année. Quantité de rapports indiquent qu'elles fournissent de l'air chaud lorsque c'est de l'air frais qu'il faudrait ou l'inverse. Par exemple, au milieu de l'été, il pourrait être avantageux de mettre l'installation hors circuit la nuit et d'aspirer l'air directement de l'extérieur, si l'air y est plus frais. Le problème se pose aussi à l'automne et au printemps. Au printemps par exemple, puisqu'il y a décalage entre la température du sol et la température ambiante, l'installation a tendance à rafraîchir, et non à réchauffer l'air alimentant la maison. La documentation indique que les installations de ventilation géothermique qui fonctionnent dans des conditions si défavorables peuvent contribuer « négativement » au chauffage ou au rafraîchissement global d'un bâtiment. C'est pourquoi plusieurs solutions ont été recommandées, comme les commandes manuelles (arrêts saisonniers ou interrupteur manuel), ou les dérivations automatiques (totales ou partielles, afin d'éviter que l'air stagnant repose dans les tuyaux pendant de longues périodes). Quoique la documentation suggère de privilégier cette dernière option pour toute installation, cela ajoute à la complexité d'une installation qui, à l'origine, est utilisée pour sa simplicité.

### Déséquilibre à long terme de la température dans le sol

La réduction à long terme de la capacité de chauffage ou de rafraîchissement du sol est souvent mal évaluée. Dans la documentation, on trouve certaines preuves que la capacité de chauffage ou de rafraîchissement du sol s'amenuise grandement après un certain temps (causé par de nombreux facteurs comme les propriétés thermiques du sol, le débit dans l'installation, etc.), et que la capacité de chauffage ou de rafraîchissement mesurée pour un mois sera de beaucoup inférieure à celle mesurée pour une journée. Ce phénomène

se produit autant en hiver qu'en été : par exemple en hiver, le fonctionnement d'une installation de ventilation géothermique dans des conditions climatiques très froides avec des températures sous zéro, et ce, pendant plusieurs semaines, pourrait entraîner le gel du sol au pourtour de certaines parties de l'installation, tandis qu'en été, l'installation pourrait s'avérer efficace au cours des premiers jours seulement de la canicule, mais non si la canicule se poursuit.

Certaines installations de ventilation géothermique ont été mises en place au pourtour des fondations de maisons ou sous la dalle, afin de profiter des pertes de chaleur de la maison en hiver. Cette approche n'est pas nécessairement avantageuse, parce qu'elle expose la dalle ou les fondations aux températures plus froides. Dans au moins un cas, la documentation révèle que cette approche influe négativement sur le bilan thermique du bâtiment.

### Interaction avec le ventilateur récupérateur de chaleur (VRC)

Preuves à l'appui, la documentation indique que strictement du point de vue énergétique, le fait de jumeler une installation de ventilation géothermique à un VRC fournit peu d'avantages en régime de chauffage. Les deux appareils s'efforcent d'augmenter la température de l'air entrant, mais l'augmentation de température causée par l'installation de ventilation géothermique rend le VRC moins efficace, ce qui fait que le gain d'énergie combiné est beaucoup moins important que la somme des gains de chaque système fonctionnant de manière autonome.

En ce qui concerne l'aspect énergétique, cet état de fait a également été confirmé par plusieurs études expérimentales qui ont montré qu'en présence d'un VRC, les avantages de le jumeler avec une installation de ventilation géothermique sont minimes.

L'un des avantages de la ventilation géothermique souvent cités en Europe serait de fournir une protection contre le gel des VRC; toutefois, en Amérique du Nord, les VRC sont universellement dotés de systèmes de dégivrage, ce qui donne les mêmes résultats, et ce, à un coût nul.

## Aspects économiques

Compte tenu des coûts rapportés de l'ordre de 2 000 à 3 000 \$ et même beaucoup plus, la période de récupération est souvent longue de 10 à 20 ans et les frais d'excavation doivent être réduits au minimum. Selon les entrevues réalisées, les frais d'excavation représenteraient la majeure partie des coûts.

D'autres facteurs réduisent l'attrait économique de la ventilation géothermique : les installations ont tendance à fonctionner de manière saisonnière, elles requièrent des commandes complexes et risquent de chauffer ou de rafraîchir l'air lorsque ce n'est pas requis, sans compter que leur fonctionnement en mode chauffage empiète sur celui des VRC. De plus, il est à noter que la ventilation géothermique ne peut être utilisée qu'avec des maisons dont l'enveloppe est étanche : dans les maisons où les infiltrations d'air sont élevées, les installations de ventilation géothermique peuvent fournir un surcroît d'air frais.

## CONCLUSION

L'étude dont il est question ici a montré à l'aide d'une recherche documentaire et d'entrevues menées auprès de chercheurs, de propriétaires et d'exploitants que les installations de ventilation géothermique offrent des avantages lorsqu'utilisées à bon escient et dans les bonnes conditions climatiques, mais aussi qu'il s'agit d'installations très sensibles dont l'efficacité dépend d'une conception et d'une exploitation soignées. La documentation montre que les installations mal conçues ne fonctionneront pas comme prévu, ou produiront un air intérieur de piètre qualité, entre autres, ce qui mènera au désenchantement et dans plusieurs cas à la mise hors service de l'installation. Il faut dire qu'il est souvent très difficile de réparer une installation de ventilation géothermique une fois que les tranchées ont été remblayées.

La documentation révèle également que les commandes, la qualité de l'air et la mémoire thermique du sol ne sont que trois des facteurs sur lesquels il faut se pencher lorsqu'on envisage la mise en place d'une installation de ventilation géothermique. Elle indique aussi que ces installations peuvent être redondantes quand on les utilise en présence de VRC, et que les aspects économiques sont rarement favorables.

Il existe sur le marché des systèmes de ventilation géothermique complets qui s'avèrent avantageux par rapport aux installations artisanales construites par le propriétaire et qui permettent d'éviter certaines des nombreuses erreurs qui peuvent toucher les installations mal conçues.

Il est clair d'après les résultats de l'étude qu'il n'existe pas d'approche universelle ou « passe-partout » à l'emploi, à la conception, à la mise en place et à l'exploitation des installations de ventilation géothermique. Chaque concept est particulier et varie selon les conditions climatiques, les propriétés du sol et les caractéristiques de la maison. Il existe nombre de livres, de manuels, de communications et de sites Web qui peuvent être utiles pour trouver de la documentation et concevoir ces installations. Ces sources d'information pourraient toutefois ne pas s'appliquer au domaine résidentiel, ou aux conditions climatiques et au contexte canadiens.

La principale constatation de la présente étude tient au fait que la performance des installations de ventilation géothermique, dans la plupart des conditions climatiques propres au Canada, n'a pas été démontrée par l'entremise d'un suivi rigoureux en matière d'énergie et de qualité de l'air intérieur. En attendant que ces données puissent être obtenues, les constatations de la présente étude doivent être soigneusement évaluées avant d'entreprendre une telle installation.

## CONSÉQUENCES POUR LE SECTEUR DE L'HABITATION

En l'absence de recherches, d'essais et d'analyses détaillés sur la performance des installations de ventilation géothermique, il est difficile pour les utilisateurs éventuels de déterminer si la ventilation géothermique convient à un aménagement donné. Toutefois, les systèmes de ventilation géothermique complets conçus pour des applications particulières, au lieu d'installations artisanales, pourraient offrir aux constructeurs et aux propriétaires une meilleure garantie qu'ils seront bénéfiques et que les problèmes potentiels seront écartés.

**Directeur de projet à la SCHL :** Ken Ruest

**Consultants pour le projet de recherche :**

Didier Thevenard, Numerical Logics Inc.

### Recherche sur le logement à la SCHL

Aux termes de la partie IX de la *Loi nationale sur l'habitation*, le gouvernement du Canada verse des fonds à la SCHL afin de lui permettre de faire de la recherche sur les aspects socio-économiques et techniques du logement et des domaines connexes, et d'en publier et d'en diffuser les résultats.

Le présent Point en recherche fait partie d'une série visant à vous informer sur la nature et la portée du programme de recherche de la SCHL.

Pour consulter d'autres feuillets *Le Point en recherche* et pour prendre connaissance d'un large éventail de produits d'information, visitez notre site Web au

**[www.schl.ca](http://www.schl.ca)**

ou communiquez avec la

Société canadienne d'hypothèques et de logement

700, chemin de Montréal

Ottawa (Ontario)

K1A 0P7

Téléphone : 1-800-668-2642

Télécopieur : 1-800-245-9274

Bien que ce produit d'information se fonde sur les connaissances actuelles des experts en habitation, il n'a pour but que d'offrir des renseignements d'ordre général. Les lecteurs assument la responsabilité des mesures ou décisions prises sur la foi des renseignements contenus dans le présent ouvrage. Il revient aux lecteurs de consulter les ressources documentaires pertinentes et les spécialistes du domaine concerné afin de déterminer si, dans leur cas, les renseignements, les matériaux et les techniques sont sécuritaires et conviennent à leurs besoins. La Société canadienne d'hypothèques et de logement se dégage de toute responsabilité relativement aux conséquences résultant de l'utilisation des renseignements, des matériaux et des techniques contenus dans le présent ouvrage.